ODICAL Inter-Am. Tropical Tuna Comm
Annual Rept
NOV 9 1960
FISH & WILDLIFE SERVICE

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1959

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1959

La Jolla, California
1960

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

MEMBERS

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

MIEMBROS

Costa Rica

José L. Cardona-Cooper
Victor Nigro
Virgilio Aguiluz
Fernando Flores

Panamá

Juan L. Obarrio
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo

United States — Estados Unidos de América

Robert L. Jones
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Arnie J. Suomela

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1959

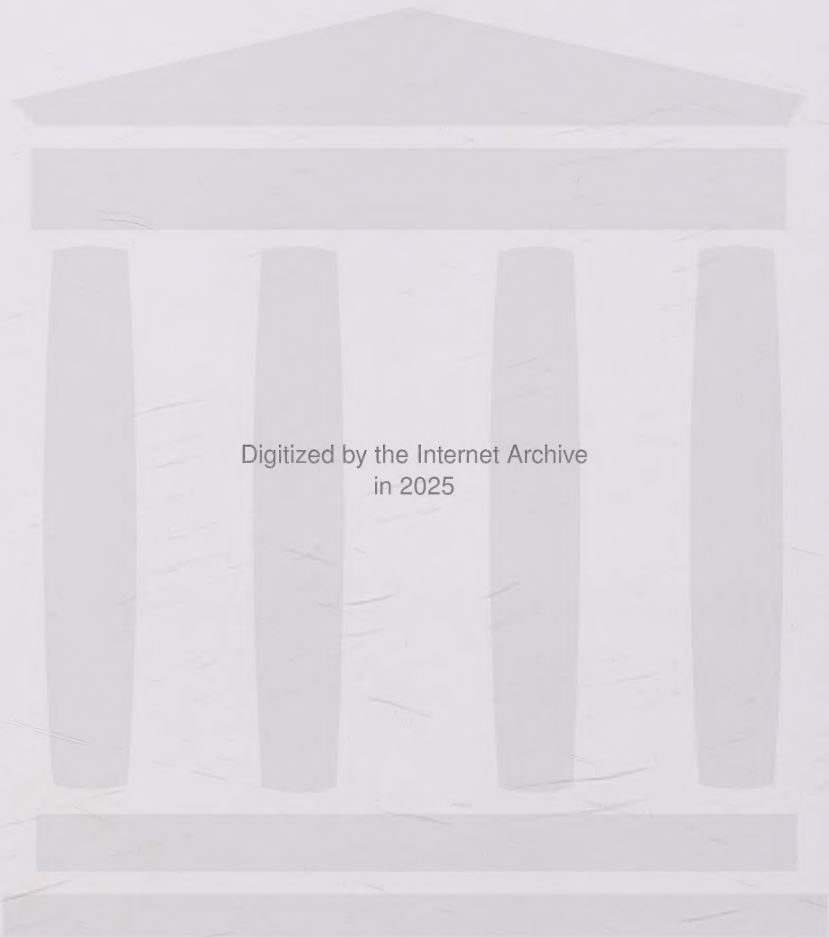
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1959

La Jolla, California
1960



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/annual-report-inter-american-tropical-tuna-commission_1959

CONTENTS — INDICE

Annual Report of the Commission (Versión en inglés) 3-19

Informe Anual de la Comisión (Spanish version) 20-38

Appendix (Versión en Inglés)

A. Report of the Director on the investigations during the year 1959 39-94

Apéndice (Spanish version)

A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1959 95-156

REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1959

The Inter-American Tropical Tuna Commission was established under authority of a Convention, between the Governments of the Republic of Costa Rica and the United States of America, which entered into force in 1950. The Convention provides for the adherence, by exchange of correspondence with existing members, of other governments having an interest in the tuna and tuna-bait resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean. The Republic of Panama adhered to the Convention in 1953.

The purpose of the Commission is to gather and interpret factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and of tuna-bait fishes at levels which will permit maximum sustained catches year after year. The Commission is authorized and directed to conduct scientific investigations of all kinds bearing on this objective, to publish reports on the research results, and to recommend from time to time, as necessary, on the basis of the scientific investigations, proposals for joint action by the Member Governments to maintain the fish populations at levels which will permit maximum sustainable catches.

The scientific research program, pursuant to the Convention, was initiated in 1951, and is now in its ninth year. The research is carried out by a permanent, internationally recruited, scientific staff, employed by the Commission, selected on the basis of their technical competence by the Commission's Director of Investigations. The investigations include extensive inquiries into the life history, population structure, behavior, population dynamics, and ecology of the tropical tunas, and of the important species of baitfishes used to capture them, and the determination of the effects of fishing and of fishery-independent environmental factors on their abundance and on the harvest which they will sustain. It has been demonstrated that, at present levels of exploitation, conservation measures are not required for any of the tuna or baitfish populations, but the current status of the fish stocks and the fishing power of the fleets are continuously monitored, to enable the Commission to make pertinent conservation recommendations whenever they become necessary. The increasingly detailed knowledge being accumulated respecting the biology, ecology, and behavior of the various fish species with which we are concerned will provide a sound scientific basis for efficient, practical conservation measures when required.

Program of investigations

Research funds made available by the Member Governments during 1959 were increased by five and a half per cent over the previous year, but the increase was slightly less than that recommended by the Commission, and was less than the rate of increase in costs of personnel and

facilities. It has, however, been possible to carry forward substantially the full program recommended by the Commission to the Member Governments.

The Commission's scientific staff continues to work in close cooperation with other university, governmental, and international agencies conducting oceanographic and fisheries research in the Eastern Tropical Pacific. Much research is conducted jointly with scientists of the Scripps Institution of Oceanography, where our headquarters laboratory is located. During the year, a new laboratory of the U. S. Bureau of Commercial Fisheries was established in San Diego, California to conduct studies of the tuna fishery, aimed at increasing the efficiency of vessel operations. Some of the work of this group, especially in monitoring variations in oceanographic conditions and their effects on the fishery, is very useful to our own researches, and cooperative studies are mutually advantageous. Work at our regional laboratories and field stations in Costa Rica, Panama, Ecuador and Peru is coordinated with investigations being conducted by the research agencies of those countries, and by visiting scientists of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The staff has also cooperated effectively with the California State Fisheries Laboratory, the Meteorological and Hydrographic Branch of the Panama Canal Company, and other agencies.

Research during 1959, in accordance with plans previously approved by the Commission, has included:

1. Collection, compilation and analysis of catch statistics, logbook data and related information for tunas and baitfishes.
   a. Continuing routine collection and compilation of current data, including computation of established statistical indices.
   b. Continuing research based on these data, to study changes in abundance and yield in space and time, including development and application of theoretical models.
2. Investigations of the life history, biology, and population structure of the yellowfin and skipjack tunas.
   a. Routine "market measurement" program at San Diego, San Pedro, Peru and Ecuador.
   b. Further research on age and growth from size frequencies, including areal and temporal variations.
   c. Research on changes in abundance of age-groups in space and time, by the combination of data on size-frequencies and catch-per-unit-of-effort; including the preliminary estimation of variations in year-class strength and of mortality rates.
   d. Research on the application of blood-typing to the elucidation of population structures of tunas in the Eastern Tropical Pacific.
   e. Studies of tuna migrations.
      (1) Tagging
         (a) Continued full-scale tagging operations aboard commercial fishing vessels from California, Peru, and Ecuador, throughout the year.
         (b) Tagging from chartered commercial vessels to obtain data for areas and seasons of inadequate coverage by routine fishing cruises.
         (c) Analysis of tagging results through 1958, with particular reference to estimating the nature of "diffusion" of fish from tagging locations, and rates of total mortality.

(2) Inference of migration patterns from changes in abundance of size groups in contiguous areas, correlated with direct measurements by tagging.

f. Studies of tuna maturation, spawning, and early life history.

(1) Continuation (and possible completion) of collection and analysis of data on maturity of gonads of tunas in commercial catches.

(2) Determination of fecundity (number of eggs spawned), in relation to size of fish, for the yellowfin tuna.

(3) Continuing study of collections of juvenile tunas, collected incidentally to tagging, oceanographic, and other cruises.

(4) Systematic sampling for larval and juvenile tunas in the sea area off Cape Blanco, Costa Rica from our Puntarenas laboratory to assess seasonal variations in occurrence.

(5) Continued study of geographical and temporal distribution of planktonic larvae. No special cruises for the purpose were planned, but material was obtained on a series of cruises sponsored by the Tuna Oceanography Project of the Scripps Institution, and on an oceanographic cruise of the Commission off Central America.

g. Studies of schooling habits of tunas.

(1) Continued collection and analysis of data on species and size composition of schools, collected by scientists on tagging cruises.

h. Feeding habits of tunas.

(1) Continuation of studies on the stomach contents of tunas, by time and area strata, from commercial landings, supplemented by collections at sea on tagging cruises.

3. Oceanography and tuna ecology.

a. Continuing study of existing oceanographic and meterological data for:

(1) General description of the circulation of the Eastern Pacific.

(2) Correlation of seasonal and annual variations in meteorological, oceanographic, and biological features with results of tuna fishing.

b. Continuation of analysis of data from "Eastropic", "Scope", and "Scot" expeditions, and completion of analysis of data from "Island Current Survey".

c. Collection of additional data on physical, chemical, and biological oceanography by means of:

(1) Participation in cruises of Scripps Tuna Oceanography Project, and cooperation in analysis of data.

(2) A cruise, during November-December 1959, to the region of the Costa Rican thermal dome, and the vicinity of Cocos Island, to study the physical, chemical, and biological oceanography of these areas.

(3) Cooperation with scientists of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru.

d. Continuation and expansion of collection of sea temperature data from the open sea, and at selected points along the mainland and on outlying islands, in cooperation with other agencies.

e. Continuation of collection and analysis of quasi-synoptic sea surface temperature data from tuna fishing vessels. The utility of thermographs compared with the use of ordinary thermometers to be evaluated and a decision made on whether to continue the use of the former.

f. Continued studies of zooplankton organisms, especially chaetognaths, as indicator organisms; particular emphasis on vertical distribution to elucidate relationships with physical and chemical factors.

g. Further investigations of "island effects" from analysis of existing data, and planning for additional studies.

4. Research on baitfishes.

a. Continued studies in the Gulf of Nicoya, Costa Rica, including:

(1) Completion of study of hydrography of the Gulf.

(2) Monitoring of the anchoveta population.

(3) Completion of collection of materials for preliminary study of biology of herring *(Opisthonema)*.

b. Continued studies in the Gulf of Panama and adjacent areas off the coast of Colombia on the life history, biology, and ecology of the anchoveta stocks.

c. Continued collection of data and materials from other areas by tuna vessels and by special field trips.

d. Compilation and analysis of statistical data from tuna logbooks on the abundance and yield of anchoveta stocks in major baiting areas.

e. Continuation (and possible completion) of studies of eggs, larvae, and juvenile stages of anchovetas, based primarily on material from the Gulf of Panama.

f. Preliminary studies of baitfish used at Manta, Ecuador.

Progress on investigations

During the year, the staff has carried forward research along the avenues outlined above, and has made considerable progress on them. A good deal of time has been spent at sea aboard commercial fishing vessels, a chartered tagging vessel, and research ships, to collect new data. Major emphasis has been placed on those lines of research directed toward solution of the important and complex problem of elucidating the population structure and dynamics of the tuna species. During most of the year, the abnormally high sea temperature regime continued in the Eastern Pacific, but during the latter half of the year there were indications of the beginning of a return toward more normal conditions; the staff is following carefully these oceanographic changes and associated changes in the fishery.

An important, continuing task is the measurement of the abundance and distributions of the fish stocks, the amount of fishing to which they are subjected, and the harvests taken, as a basis, by comparison with similar data of past years, of estimating the current condition of these stocks in relation to the condition corresponding to maximum sustainable average harvests. This is accomplished by continuing collection, compilation, and analysis of records of the operations and results of the fishing fleets throughout the Eastern Tropical Pacific Ocean. From these data also, together with information on oceanographic conditions, it is possible to monitor fishery-independent changes in the distribution and behavior of the tuna populations, and the concurrent changes in the operations of the fishing fleets.

The staff also keeps track of the potential fishing power of the tuna-fishing fleets, and of probable near-term trends, as a basis of estimating the fishing effort to which the populations are likely to be exposed. During 1959 the intensity of fishing on the tuna and baitfish stocks decreased markedly, due to continuing attrition of the fishing fleets, and curtailment of operations of many vessels operating from U.S. ports, as a result of price and labor disputes. There have also continued conversions of baitboats to seiners in substantial numbers, due in part to recent improvements in seining gear and methods of operation. There continues a trend to transfer U.S. vessels to foreign bases.

Data obtained during 1959 continue to indicate that the populations of skipjack are being exploited at a level much below that corresponding to maximum average harvest, the intensity of fishing being so low as to have no measurable effect in relation to the influences of fishery-independent environmental factors. The abundance of this species, and the harvest, increased substantially in 1959.

It is evident, on the contrary, that yellowfin tuna are being fished with sufficient intensity to affect the average abundance of their populations. The present level of fishing effort, however, remains well below that corresponding to maximum average sustainable yield, and, considering the continued decline in the fishing power of the fleets, there is little likelihood of their being in danger of overfishing in the near future. However, recent limited participation in the fishery by Japanese vessels may be a portent of increased exploitation from that source. Unfortunately, the Commission has been unable to obtain satisfactory data of these Japanese fishing operations and their results. During 1959, the apparent abundance of the yellowfin increased over the previous years, but the total catch declined slightly, due to the marked decline in fishing effort.

Availability of yellowfin tuna and skipjack was again affected, in the opinion of the staff, by continuing abnormally high sea temperatures during much of 1959. This warm-water regime seems favorably to influence the fishery for skipjack, particularly off northern South America, and unfavorably to affect the fishery for yellowfin, by baitboats at least. The area off northern Peru, in particular, produced extremely large catches of skipjack during the year.

Investigations were continued on the seasonal and annual variations of the degree to which the fishing fleet is able successfully to concentrate its efforts in the areas of greatest tuna abundance. The results of these studies are of importance as a basis of developing improved analytical techniques, and for studying various aspects of the fishery from the catch statistics. During 1959, the analysis of yellowfin data through 1958 was completed, and a good start was made on data respecting skipjack. It appears that, for both species, the mean annual "concentration index", which measures the degree of concentration of fishing in the more rewarding fishing areas, is remarkably nearly constant from year to year. Preliminary study has revealed no evident correlation of variations in the indices for the two species.

Records, based on clipper logbooks, are also kept of the harvests of each of the tuna-bait species, and of the apparent abundance of the more important species in various baiting areas. Total bait used in 1959 dropped substantially from the previous year, and for the first time in postwar years the tropical anchoveta was not dominant in the catch. With the concentration of much of the fishing effort in waters off Peru, the southern

anchovy, which occurs there, became dominant. Although the catch of this species is large, relative to other species used for tunabait, the catch for this purpose is insignificant in comparison to its utilization for other purposes; in 1959 the catch for the fish meal industry was in the vicinity of two million tons. In the Gulf of Panama, utilization of anchoveta for fish meal was commenced on a substantial scale in 1959, the catch for this purpose being a good deal larger than the catch for tunabait. Preliminary data, however, show no significant decline in abundance as measured by the catch-per-day's-fishing by tunaboats. The situation calls for continued careful monitoring, however, for the future welfare of both the tuna and fish meal industries.

In order to proceed to an analysis of the population dynamics of the tropical tuna species more refined than that based on the aggregate of all members of each species in the Eastern Pacific, it is necessary to have detailed knowledge of their population structure. The staff is devoting a large share of its effort to investigations bearing on this problem, and which also provide information on vital statistics (i.e. rates of growth, mortality, and recruitment) of the fish populations. These include large-scale programs of tuna tagging and recovery, and of collection and analysis of data on the size and age composition of the commercial catch, as well as some preliminary investigations of tuna genetics based on blood serology. Progress is slow, however, because, unfortunately, it seems that the population structure of these species is very complex. It is evident from the results of the several lines of research that each tuna species is not composed of a single, rapidly mixing population in the Eastern Pacific. At the same time, however, there do not seem to exist clearly defined population boundaries, and there may be complete mixing over large regions, perhaps even the whole Eastern Pacific, over a moderately long period of time. Both the tagging results and the size composition data, as well as data on tuna spawning, indicate that in many areas there may be a mixture of stocks originating from different spawning times or areas. The inter-relationships of these are not yet understood, and it is anticipated that much research is yet required for solving this recalcitrant problem.

Nevertheless, considerable progress has been made with the program of tuna tagging and recovery. During the year, there were tagged 8,876 yellowfin and 16,409 skipjack from commercial fishing vessels operating from California, Peru, and Ecuador, and from a chartered vessel. The charter trip was particularly successful in being able to liberate 6,331 yellowfin and 5,992 skipjack in the sea area off Central America, where tagging from commercial vessels had not been very successful, and which is of particular interest because it appears to contain a mixture of stocks. Recoveries from these tags during the year showed rather more extensive migrations than fish tagged in areas to the north and south, some yellowfin going as far as the vicinity of Acapulco to the north, and many skipjack being recovered to the south off Colombia and Ecuador. Sufficient

tag recoveries have been accumulated (747 yellowfin and 937 skipjack) to begin to give insight into migration patterns, and to provide preliminary estimates of growth rates, attrition (mortality) rates, and rates of dispersion.

The rapid growth of the tropical tunas, previously inferred from indirect evidence, has been directly confirmed by observed increase in size of tagged individuals; however, the growth rates of yellowfin, at least, calculated from tagging and recapture information, are significantly lower than that inferred for untagged tunas of approximately the same sizes from progression of modes in size-frequency samples of the commercial catch. The difference is most probably due to the tagging operation actually slowing the subsequent growth of the tagged fish.

The rate of attrition, that is rate of disappearance from the stock in the fishing areas, of tagged fish is very rapid for both species, being estimated from returns of tags liberated through 1957 at 95.7% per year for yellowfin and 98.2% for skipjack. The attrition rate may result from death or capture, shedding of tags, and emigration from the fishing areas. The rate of decrease of apparent abundance of individual year classes of yellowfin tuna, derived from a combination of size-composition and catch-statistical data, computed for one region of the fishery, has been estimated at about 87% per year. This figure, which is a measure of total mortality rate, is substantially lower than the rate of attrition of tags, leading to the inference that tag-shedding and/or emigration are important components of the latter.

Examination of the pattern of distance of movement with increasing time for tagged tunas indicates that there is more involved than simple random dispersion. For yellowfin tuna, there is evident a strong annual migration pattern, the fish after one year at liberty being closer to their tagging locations than in mid-year. A similar pattern is exhibited by skipjack in the southern fishery region, but in the northern region (off Mexico) there is evidence that the fish, after staying near their tagging locations for several months, then disperse entirely out of the fishery region. In both regions, the rate of dispersal for skipjack seems to be much greater than for yellowfin.

Further detailed analysis of data of size composition of the commercial catches of yellowfin tuna indicates that the major components of the population in the various sampling areas north of about the Gulf of Tehuantepec are similar in all. A similar situation exists in different sampling areas off northern South America. In the central region of the fishery, off Central America, however, the size composition of the yellowfin tuna population is rather different from the regions to the south and the north. In the regions to the north and south, the populations are each composed, primarily, of a single series of successive year classes. In the central region, there are evident two major series of successive year

classes, entering the fishery at two different seasons. Rates of growth, over the approximate ages 18 to 30 months, are similar in the three regions.

Analyses of data on age, growth, and year-class structure of skipjack populations have been given secondary priority, because of the more urgent requirements for knowledge of the yellowfin tuna, but some study of such data has been accomplished during the year, primarily with regard to estimating age and rate of growth. These studies have confirmed our earlier conclusion that skipjack grow rather rapidly, and that year classes pass through the commercial fishery quickly, being usually in the commercially fished stock for only about 17 months. In the area off Central America, where growth data have been examined in some detail, skipjack enter the fishery at a length of about 45 cm. and reach 60 cm. a year later. This rate of growth is, again, somewhat higher than that observed for tagged skipjack.

Information on the size composition of the yellowfin and skipjack populations may be inferred from tuna cannery records of relative frequencies of number-of-fish-per-cooking-basket, for a long series of years, extending back in time to years prior to the initiation of the Commission's investigations. Analysis of changes in size composition based on these data, in conjunction with data on fishing effort and apparent abundance of the two tuna species, reveals that the size composition of the yellowfin tuna landings exhibits changes which are well correlated with changes in fishing effort, whereas no such correlation is evident for skipjack. These results are a further, independent, confirmation of the conclusion, from other studies, that the fishery for skipjack is of such low intensity as to produce no measurable effects on the stocks, whereas the fishery has marked effects on the yellowfin stocks.

Further preliminary work has been done toward the application of blood-typing techniques to the study of tuna genetics, as a possible tool for investigating population structure. A number of sera have been prepared by immunizing chickens and sheep with tuna blood, but these have not yet been tested. Meanwhile, there have been tested various phyto-agglutinins on bonito (which were readily available near San Diego). These reagents will be employed during the forthcoming year to compare tuna blood samples from various parts of the Pacific Ocean.

Food and feeding habits of the tropical tunas continued to be studied, employing primarily material obtained from the stomachs of tunas landed in the commercial catch. The results of these studies indicate that the tropical tunas are quite omnivorous, but that there are marked differences in the types of organisms fed upon by the two species, the skipjack feeding to a greater extent on small crustacea than the yellowfin. There are also notable differences in the organisms which occur in greatest abundance in the stomachs of the tunas captured in different sea regions; these differ-

ences appear, however, to be related to differences in the dominant faunas of different sea regions, rather than to food preferences of the tunas. It is expected that we shall, within the next few months, have examined sufficient tuna stomachs from each region during various seasons of the year, and that this phase of investigations will be suspended, after preparation of a publication on the results. Meanwhile, zoologists of the Scripps Institution of Oceanography are conducting sampling surveys of the tuna forage organisms in various regions, using high speed nets of various sorts. This will provide useful material for subsequently examining more closely the matter of possible food preferences of the tunas.

Spawning of the tropical tunas is being studied by two methods: examination of ovaries of females in the commercial landings, and collection of larvae and juveniles by our scientists at sea. Fairly adequate series of gonad samples have now been examined from nearly all fishing areas at different seasons of the year, and, in consequence, most such sampling of the catch has been discontinued. The results of the study are being prepared for publication. The more important results of this study are the determination of the apparent spawning seasons of the yellowfin tuna in various areas of the Eastern Pacific, and the determination that there is little evidence of more than a very limited amount of skipjack spawning anywhere in the coastal regions. It appears that the skipjack stocks of the Eastern Pacific depend, in large part, for recruits on spawning well offshore, and probably well outside the region of the commercial fishery. The yellowfin tuna, however, although they also spawn offshore, appear to have major spawning centers off the coast of southern Mexico, off Central America, in the vicinity of some groups of outlying islands, and perhaps also off the coast of Ecuador. Spawning seasons are not identical in all areas, indeed the peak spawning season shows remarkable differences in certain of the areas, which may, therefore, support different sub-populations.

Fishing for larval and juvenile tunas with plankton nets and dip-nets has now been done, in conjunction with oceanographic and other cruises, in most parts of the Eastern Tropical Pacific, although not at all seasons in all locations. These collections of larvae and juveniles of the yellowfin and skipjack have now been sufficently extensive to support some conclusions respecting spawning areas and seasons. In general, these agree with the results of examination of ovaries of adults. A very large number of yellowfin larvae have now been collected from many localities, indicating very widespread spawning of this species, in areas within a few hundred miles of the coast as well as further offshore, but with seasonal differences in different regions. A series of monthly collections made by personnel at our Costa Rica laboratory, off Cape Blanco, during the past year, has been particularly valuable in showing the seasonal pattern of spawning in an important spawning area off Central America. Only a few skipjack larvae have been collected, and most of these at places far offshore. This confirms

the results of gonad examination that there is little skipjack spawning in most of the region of the commercial fishery off the Americas.

Research on species and size composition of tuna schools has been continued, based on data collected by our scientists aboard clippers and seiners, and on the records of individual sets of the nets of seiners recorded in their logbooks. This has shown that, on the average, 90 per cent of the catches of purse-seiners and 65 per cent of the catches of clippers are made from pure, single-species schools. Useful information on the species composition of mixed-species schools, and on the size-composition of the fish of each species in individual schools have also been obtained. These results are of importance not only for understanding schooling behavior, but also as a basis of consideration of practical fishing regulations, at such time as they are required.

Research on physical, chemical, and biological oceanography has been continued during the year, in cooperation with other agencies, including studies of the general oceanography of the Eastern Tropical Pacific and studies of particular features, both of which are of importance to research on tuna ecology.

Scientific personnel of the Commission completed in November-December a detailed study of the region of the Costa Rican Thermal Dome, an important fishing area off Central America, and a study of the vicinity of Cocos Island, aboard a vessel chartered from the Scripps Institution of Oceanography. Our personnel also participated in a cruise of the Scripps Tuna Oceanography Research Group to the vicinity of the Gulf of Tehuantepec, and are participating in the analysis of data from that and other cruises, in the northern region of the fishery, manned by Scripps personnel. Additional new data are available from cruises made off Peru by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of that country.

Analysis of sub-surface circulation of the Eastern Tropical Pacific, based primarily on data from the "Eastropic" and "Scope" expeditions is nearing completion for publication.

The data of the Island Current Survey have been completely analyzed and a report on this is in press in our *Bulletin*. Effects of Clarion Island and Shimada Bank, in the vicinity of which these investigations were conducted, were very local. Data for a comparable study of the "island effect" near an island in a more rapid current were collected near Cocos Island in December, but have not yet been analyzed.

Efforts toward better continuous synoptic reporting of sea-surface temperature from the entire Eastern Pacific, on the part of the Commission and other agencies, have resulted in the routine collection of much more extensive data than in the past, and a unit of the U. S. Bureau of Commercial Fisheries will commence charting these for routine monthly publication

commencing in January 1960. These data are of value for keeping track of large-scale changes in the temperature regime, which have been shown to have important effects on the distribution of tunas and their availability to the fishery. Such changes are particularly marked, and the effects on the tunas particularly evident off northern South America, where the occurrence of abnormally warm water is known as "El Niño". In an attempt to arrive at an understanding of the "El Niño" phenomenon, and its meteorological causes, which may be of forecasting value, scientists of our staff and the staff of the Scripps Institution of Oceanography, have been working in collaboration with Dr. Jacob Bjerknes and others of the Meteorology Department of the University of California at Los Angeles, the work of that Department on this project being supported, in part, by a small contract with the Tuna Commission. Professor Bjerknes has developed some stimulating ideas on the effects of the atmospheric circulation on this part of the ocean, which are being incorporated into a manuscript for publication.

During the year, studies of Chaetognatha as indicator organisms for identification of water masses have been significantly advanced by the employment of newly-developed equipment for taking samples of the zooplankton at specific depths. This gear has been employed on several cruises, and the results indicate that certain species of Chaetognatha are of definite value as indicators of certain types of water in the Eastern Pacific. Chaetognatha from plankton collections from the Peru Current, taken by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas, and samples collected further offshore in the South Pacific by the "Downwind" Expedition of the Scripps Institution of Oceanography (as part of the work of the International Geophysical Year), are being examined as a possible means of determining the source of the warm water which invades the Peruvian coastal area during "El Niño".

Additional work has been done on the nature of oceanic "fronts", sharp transition areas between water masses, and the processes concerned therewith. These are believed to be of importance in attracting aggregations of tunas, in consequence of which it is of importance to understand more about them.

Studies of fishes used for tuna bait, and their ecology, are conducted at our headquarters laboratory and at laboratories in Costa Rica and Panama. Primary attention has continued to be given to research on the anchoveta *(C. mysticetus),* but some work is being done on other species. Material for studying some aspects of the life history of thread herring *(Opisthonema)* has been collected during the year in the Gulfs of Nicoya and Panama. During the past year, a Commission scientist stationed at Manta, Ecuador for the primary purpose of tuna tagging, has commenced, incidentally, some studies of the life history of the principal bait species, *Anchoa naso,* used in the local tuna fishery.

Presently nearing completion for publication is a study of age, growth, sexual maturity and spawning of anchoveta populations in nearly all of the major baiting areas of the Eastern Pacific. In all areas, each of which supports a separate population, this species spawns at one year of age, grows rapidly, and suffers a high natural mortality rate, so that the fishery is supported mostly by very young fish. There are some differences among areas, however, in growth rates, longevity, and spawning seasons.

Investigations of the possibility of using scale markings to determine the age composition of the stock of anchoveta in the Gulf of Panama has given negative results. A similar study is being made of the scales of the population at Guaymas, where there is a different spawning period and hydrographic regime.

Studies of the early life history, and identification of advanced larval stages, of anchoveta is continuing. Progress on differential identification of planktonic engraulid larvae from collections in the Gulf of Panama has been slow, because of changes of personnel during the year. Intensive attempts at Panama to rear larvae from planktonic eggs have met with little success, despite the employment of a wide variety of techniques, and will be abandoned, temporarily at least, in favor of more fruitful research.

Experiments toward the development of a suitable tag and tagging technique for studying the migrations and rate of exploitation of the anchoveta population of the Gulf of Panama have been quite successful. Various types of tags have been tested in live-boxes, and it has been found that an internal metal tag, suitably applied, can be used with acceptable tagging mortality and tag-shedding. Since there is now a substantial fishery for anchoveta in the Gulf for the manufacture of fish meal, permitting the recovery of internal metal tags by means of magnets in the meal factories, the employment of this type of tag is practical. A full-scale tagging program is planned for 1960.

The development of the anchoveta fishery for meal manufacture in Panama has, as mentioned earlier in this report, resulted in the taking of a much larger harvest than that by tuna vessels, hence the measurement of the population by the tagging technique is timely, as one means of monitoring the effect of the increased fishing pressure on the fish population.

The series of bimonthly collections of hydrographic and biological data, commenced in December 1954, at a fixed station in the Gulf of Panama, to provide the means of studying the seasonal fertilization of the Gulf by wind-driven upwelling, and its effects on productivity, was completed in June 1959, and the data are undergoing detailed analysis. The data are being employed to calculate changes in nutrient elements, rate of growth of phytoplankton, and standing crops of phytoplankton

and zooplankton in the upwelling and non-upwelling seasons, and to investigate the quantitative relationships among them. Effects of variations in extent and duration of upwelling from year to year on these elements are being investigated, and it is hoped these may also be related to the populations of anchovetas and other commercially important organisms in the Gulf.

In the Gulf of Nicoya, Costa Rica, the Commission's personnel are continuing to monitor the small anchoveta population, are collecting material for study of the biology of thread herring, and are continuing certain observations of the hydrography of the Gulf. They are also, as noted earlier, making periodic collecting trips for tuna larvae in the sea area off Cape Blanco.

We regret to have to report that the small population of anchoveta in the Gulf of Nicoya shows little sign of increasing, and remains far below commercially important magnitude. Thread herring appear to be numerous.

With the completion of the analysis of hydrographic data from the Gulf of Nicoya for the period 1952 to 1958, routine observations have been reduced to monthly observations at two stations, one near the center of the Gulf and one near the mouth, plus collection of salinity and temperature data at the Puntarenas pier. These appear to be adequate, together with available meteorological and river-runoff data, to monitor fluctuations in the hydrographic regime. An intensive survey of the transverse distribution in the Gulf of salinity and temperature was made during the period of maximum precipitation in late 1959, and a similar survey is planned for the dry season in early 1960. These data should shed additional light on the circulation of water in the Gulf.

At Manta, Ecuador, collections of *Anchoa naso,* which is the principal tuna-bait species there, have been made monthly commencing in March 1959 to provide material for study of its age, growth, and spawning period. Data so far obtained indicate that the fishery has been using a single year class of the species during most of the year, the members of which have increased in mean body length from 53.3 mm. to 71.8 mm. between March and October. A new year class, however, appears to have entered the fishable stock at a size of about 40 mm. in November. It is likely that the recruits originate from a spawning in late summer. Gonads have not yet been examined in sufficient numbers to verify this speculation.

A more detailed report on the research during 1959, by the Director of Investigations, is attached hereto as Appendix A.

Publication of research results

The end product of the scientific investigations of the Commission's staff is the publication of research reports, informing the Commission, other scientists, and the public at large of the research results.

The Commission publishes the research results of its staff, and of cooperating scientists, in its *Bulletin* series. During 1959, nine additional papers were thus published, and several others were completed for publication early in the following year. Papers published in 1959, all in both English and Spanish, were:

Bulletin, Volume III, Number 4—"Geographical distribution of yellowfin and skipjack catches from the Eastern Tropical Pacific Ocean, by quarters of the year, 1952-1955", by Franklin G. Alverson.

Bulletin, Volume III, Number 5—"Surface drift charts for the Eastern Tropical Pacific Ocean", by Townsend Cromwell and Edward B. Bennett.

Bulletin, Volume III, Number 6—"Morphometric comparison of skipjack from the Central and Eastern Tropical Pacific Ocean", by Richard C. Hennemuth.

Bulletin, Volume III, Number 7—"The relationships between length and weight of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack tuna *(Katsuwonus pelamis)* from the Eastern Tropical Pacific Ocean", by Bruce M. Chatwin.

Bulletin, Volume III, Number 8—"Morphometric comparisons among yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus,* from the Eastern Tropical Pacific Ocean", by Gordon C. Broadhead.

Bulletin, Volume III, Number 9—"The Chaetognatha of the Eastropic Expedition, with notes as to their possible value as indicators of hydrographic conditions", by Paul N. Sund and James A. Renner.

Bulletin, Volume III, Number 10—"Identification of the egg, early life history, and spawning areas of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus* (Günther), in the Gulf of Panama", by John G. Simpson.

Bulletin, Volume IV, Number 1—"The food of the larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax",* by Leo Berner, Jr.

Bulletin, Volume IV, Number 2—"Additional information on the length-weight relationship of skipjack tuna from the Eastern Tropical Pacific Ocean", by Richard C. Hennemuth.

In addition to these *Bulletins,* twelve papers by our staff members were published during the year in other journals:

25. Bishop, Yvonne M. M.
    1959 Errors in estimates of mortality obtained from virtual populations.
    Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 1, pp. 73-90.

26. Holmes, R. M., M. B. Schaefer, and B. M. Shimada
    1959 "Scope" measurements of productivity, chlorophyll "a", and zooplankton volumes.
    U. S. Fish and Wildlife Service, Spc. Sci. Rept., Fisheries, No. 279, pp. 59-68.

27. Klawe, Witold L. and Bell M. Shimada
1959 Young scombroid fishes from the Gulf of Mexico.
Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 9, No. 1, pp. 100-115.

28. Klawe, Witold L.
1959 Nuevo examen de atunes jóvenes capturados frente a la costa occidental de México durante la Quinta Expedición George Vanderbilt (1941).
Ciencia, Mex., Vol. 18, No. 11-12, pp. 245-347.

29. Sund, Paul N.
1959 The distribution of Chaetognatha in the Gulf of Alaska in 1954 and 1956.
Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 3, pp. 351-361.

30. Schaefer, Milner B. and Roger Revelle
1959 Marine Resources
Chapter 4 *in* Natural Resources, McGraw-Hill, New York, 1959, pp. 73-109.

31. Broadhead, Gordon C.
1959 Techniques used in the tagging of yellowfin and skipjack tunas in the Eastern Tropical Pacific Ocean during 1955-1957.
Proc. Gulf and Caribbean Fish Inst., 11th Session, Nov. 1958, pp. 91-97.

32. Revelle, Roger and M. B. Schaefer
1959 Oceanic research needed for safe disposal of radioactive wastes at sea.
Proc. Second Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Vol. 18, pp. 364-370.

33. Sund, Paul N.
1959 A key to the Chaetognatha of the Tropical Eastern Pacific Ocean. Pacific Science, Vol. 13, No. 3, pp. 269-285.

34. Orange, Craig J. and Gordon C. Broadhead
1959 1958-1959—A turning point for tuna purse seine fishing? Pacific Fisherman, June 1959, 4 pages.

35. Schaefer, Milner B.
1959 Biological and economic aspects of the management of commercial marine fisheries.
Trans. Am. Fish. Soc., Vol. 88, pp. 100-104.

36. Bennett, E. B.
1959 Some oceanographic features of the northeast Pacific Ocean during August 1955.
Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 5, pp. 565-633.

Committees of the National Academy of Sciences—National Research Council

During the year, Dr. Schaefer continued to serve on two Committees of the National Academy of Sciences—National Research Council of the United States.

The Committee on Oceanography met several times during 1959. During the year there have been completed and published all but one chapter of the report of the Committee, "Oceanography 1960-1970", containing recommendations for research and development in marine sciences during the next ten years. The Committee is being continued to advise the government in matters in marine science, and to act as the U. S. National Committee for the Special Committee on Oceanographic Research of the International Council of Scientific Unions.

The Committee on Biological Effects of Atomic Radiation in Oceanography and Fisheries has completed and published reports on recommendations for disposal of low-level atomic wastes off the east coast of the United States, and on recommendations for disposal of low-level wastes from nuclear-powered ships. A panel of the Committee is preparing a similar report on low-level waste disposal off the west coast of the United States. In mid-December 1959 the Committee prepared, also, a revision of its earlier general report, published in 1957, bringing it up to date.

Annual meeting

The Commission held its regular annual meeting in San Pedro, California, on 5 February 1959. The following actions were taken:

1) Approved publication of the Annual Report for 1958.

2) Reviewed research in progress, and discussed and approved the program of investigations for the fiscal year 1959-1960.

3) Considered the forecast of the research program and budget requirements for fiscal year 1960-1961. Recommended to the Member Governments, for that fiscal year, a research program requiring a budget of $386,700.

4) Determined, on the basis of current statistics of utilization of tropical tunas in the respective member countries, that the joint expenses of the Commission during fiscal year 1960-1961 should be in the following proportions: United States of America, 99.8%; Costa Rica, 0.2%; Panama, minimum contribution of $500.

5) Discussed the mutual advantages to the present Member Governments, and to governments not now parties to the Convention, of the latter participating in the work of the Commission. Requested the Foreign Offices of the present Member Governments to communicate with the governments of other nations having an interest in the tuna fishery of the Eastern Pacific Ocean in order to invite them to adhere to the Convention.

6) Elected Mr. Robert L. Jones, of the United States of America, Chairman, and Mr. Juan L. Obarrio, of Panama, Secretary, for the next year.

7) Agreed to hold the next annual meeting in San Jose, Costa Rica, on 23 February 1960.

8) Adopted memorial resolutions respecting Dr. Bell M. Shimada and Mr. Townsend Cromwell, members of the Commission's staff who lost their lives in line of duty on 2 June 1958, and respecting Mr. Montgomery Phister, Advisor to the United States Section of the Commission, who passed away on 26 December 1958.

During 1959 the tuna fleet in the Eastern Pacific Ocean has continued to decline, due to loss of vessels with little compensating new construction. Vessels based in the United States have decreased in numbers, also, by continuing transfers to bases in Latin America. In addition to these transfers, there have been some additions of small craft to the fishery in some Latin American countries. Several large bait vessels have converted to purse seining, with consequent increase in the share of the catch made by the latter type of gear.

A small amount of fishing has been done by Japanese vessels, using long-line gear, during 1958 and 1959, in the sea areas inhabited by the tuna population under study by the Commission. Complete data are not available respecting these operations, which is a cause of concern to the Commission, particularly in view of a possible sizeable increase in the catches made by this means. However, it is indicated that these catches, thus far, have been of small magnitude, of the order of perhaps a thousand tons of yellowfin tuna.

Due to the decline of the number of vessels engaged in the tuna fishery in the Eastern Pacific, as well as to some curtailment of operations due to economic circumstances, the intensity of fishing on both the baitfish and the tuna populations decreased, during 1959, from the previous year. Thus, the fishing intensity remains at a level insufficient to subject the populations with which we are concerned to overfishing. Consequently, no recommendations for conservation regulations are required at this time.

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Robert L. Jones, Chairman
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Arnie J. Suomela
Virgilio Aguiluz
José L. Cardona-Cooper
Víctor Nigro
Fernando Flores
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo
Juan L. Obarrio, Secretary

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORREPONDIENTE AL AÑO 1959

La Comisión Interamericana del Atún Tropical fué establecida en virtud de una Convención suscrita entre los Gobiernos de la República de Costa Rica y de los Estados Unidos de América, que entró en vigencia en 1950. La Convención está abierta para que otros gobiernos interesados en los recursos de atún y de carnada para la pesca de éste en el Océano Pacífico Oriental Tropical puedan adherirse a la misma mediante intercambio de correspondencia con los Gobiernos Miembros. La República de Panamá se adhirió a la Convención en 1953.

El propósito de la Comisión es el de recoger e interpretar información actual que facilite el mantenimiento de las poblaciones de atún y de peces de carnada para la pesca de éste a niveles que permitan sostener una pesca máxima año tras año. La Comisión está autorizada y dirigida a conducir investigaciones científicas de toda clase para alcanzar este objetivo; debe también publicar informes sobre los resultados de sus trabajos y recomendar de tiempo en tiempo, cuando se necesiten, sobre la base de sus estudios científicos, propuestas para una acción conjunta por parte de los Gobiernos Miembros para mantener las poblaciones de peces a niveles que permitan pescas máximas sostenibles.

El programa de investigaciones científicas, de conformidad con la Convención, fué iniciado en 1951 y ha entrado ahora en su noveno año. Los trabajos se llevan a cabo por un personal científico permanente, reclutado internacionalmente, empleado por la Comisión, seleccionado por el Director de Investigaciones teniendo en cuenta su competencia técnica. Las investigaciones incluyen extensos estudios de la historia natural, estructura de las poblaciones, hábitos, dinámica de las poblaciones, y ecología de los atunes tropicales y de las importantes especies de peces de carnada usadas para su captura, y la determinación de los efectos de la pesca y de los factores ambientales independientes de la pesquería sobre la abundancia y el rendimiento que los atunes sostienen. Se ha demostrado que, a los niveles actuales de explotación, no se requieren medidas de conservación para ninguna de las poblaciones de atún o de pesca de carnada; pero se mantiene una observación constante sobre las condiciones actuales de los stocks de peces y sobre la fuerza de pesca de las flotas a fin de que la Comisión esté siempre en aptitud de hacer recomendaciones pertinentes cuando sean necesarias. El creciente y detallado conocimiento que se viene acumulando respecto a la biología, ecología y hábitos de las diversas especies de peces que estudiamos, nos proporcionará una sólida base científica para recomendar eficientes y prácticas medidas de conservación cuando sean requeridas.

Programa de investigaciones

Los fondos que los Gobiernos Miembros pusieron a la orden de la Comisión durante 1959 para sus investigaciones fueron aumentados en un cinco y medio por ciento con respecto al año anterior, pero el aumento fué ligeramente menor que el recomendado por la Comisión y más bajo qué la tasa de aumento en el costo de personal y facilidades. Sin embargo, ha sido posible llevar adelante substancialmente el programa completo recomendado por la Comisión a los Gobiernos Miembros.

El personal científico de la Comisión ha continuado trabajando en estrecha cooperación con otras entidades universitarias, gubernamentales e internacionales que realizan estudios sobre oceanografía y pesquerías en el Pacífico Oriental Tropical. Parte considerable de la investigación se efectúa junto con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía, en donde están instalados nuestros laboratorios principales. Durante el año, un nuevo laboratorio del U. S. Bureau of Commercial Fisheries fué establecido en San Diego para conducir estudios de la pesquería de atún dirigidos a aumentar la eficiencia de las operaciones de los barcos. Parte del trabajo de este laboratorio, especialmente el que se dedica a observar las variaciones en las condiciones oceanográficas y sus efectos sobre la pesquería, es muy útil para nuestras propias investigaciones, de modo que los estudios en cooperación resultan mutuamente ventajosos. El trabajo en nuestros laboratorios regionales y estaciones experimentales en Costa Rica, Panamá, Ecuador y Perú, se coordina con los estudios que efectúan las oficinas de investigación de dichos países y los científicos visitantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Nuestro personal también ha cooperado en forma efectiva con el California State Fisheries Laboratory, con la Sección de Meteorología e Hidrografía de la Compañía del Canal de Panamá y con otras entidades.

Las investigaciones durante 1959, de conformidad con los planes aprobados previamente por la Comisión, han incluído:

1. Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de pesca, de los datos de los registros de los cuadernos de bitácora y de la información relacionada con los atunes y los peces de carnada.
   a. Continuación de la recolección rutinaria y compilación de los datos corrientes, incluyendo la computación de los índices estadísticos establecidos.
   b. Continuación de las investigaciones basadas en estos datos para estudiar los cambios en la abundancia y el rendimiento en espacio y tiempo, incluyendo el desarrollo y aplicación de modelos teóricos.
2. Investigaciones sobre la historia natural, biología y estructura de la población del atún aleta amarilla y del barrilete.
   a. Programa rutinario de "mediciones en el mercado" en San Diego, San Pedro, Perú y Ecuador.
   b. Ulterior investigación sobre la edad y crecimiento por medio de las frecuencias de tamaños, incluyendo las variaciones en las áreas y temporales.
   c. Investigación sobre los cambios en la abundancia de los grupos de edades en espacio y tiempo, mediante la combinación de los datos sobre las frecuencias de tamaños y la pesca-por-unidad-de-esfuerzo; incluyendo la estimación preliminar de las variaciones en la fuerza de las clases por años y de la tasa de mortalidad.

d. Investigaciones sobre la aplicación de los tipos de sangre para la elucidación de la estructura de las poblaciones de atún en el Pacífico Oriental Tropical.

e. Estudios de las migraciones de los atunes.

(1) Marcación

(a) Continuación a través de todo el año de las operaciones de marcación en gran escala, a bordo de barcos pesqueros comerciales de California, Perú y Ecuador.

(b) Marcación a bordo de barcos comerciales alquilados para obtener datos de áreas y estaciones que no han sido cubiertas adecuadamente en los viajes rutinarios de los barcos pesqueros.

(c) Análisis de los resultados de la marcación hasta 1958, con particular referencia a la estimación de la naturaleza de la "difusión" de los peces desde las localidades en que fueron marcados y a la tasa de mortalidad.

(2) De los cambios en la abundancia de los grupos de tamaños en áreas contiguas inferir los diseños migratorios, correlacionados con medidas directas por medio de la marcación.

f. Estudios de la maduración, desove y temprana historia natural del atún.

(1) Continuación (y posible terminación) de la recolección y análisis de los datos sobre la madurez de las gónadas de los atunes de las pescas comerciales.

(2) Determinación de la fecundidad del atún aleta amarilla (número de huevos expulsados) con relación al tamaño de los peces.

(3) Continuación del estudio de las colecciones de atunes juveniles recogidos incidentalmente en viajes dedicados a la marcación, a estudios oceanográficos y a otros propósitos.

(4) Muestreo sistemático de larvas y ejemplares juveniles de atún en el área oceánica frente a Cabo Blanco, Costa Rica, en nuestro laboratorio de Puntarenas para determinar las variaciones estacionales que ocurren.

(5) Continuación del estudio de la distribución geográfica y temporal de las larvas planctónicas. No se planearon cruceros especiales, pero el material fué obtenido en una serie de expediciones patrocinadas por el Tuna Oceanography Project de la Institución Scripps y en un crucero oceanográfico de la Comisión en aguas frente a la América Central.

g. Estudios sobre los hábitos gregarios del atún.

(1) Continuación de la recolección y análisis de los datos sobre las especies y composición de tamaño de los cardúmenes, coleccionados por los científicos durante viajes dedicados a la marcación.

h. Hábitos alimentarios del atún.

(1) Continuación de los estudios del contenido estomacal de los atunes de los desembarques comerciales, por estratos de tiempo y área, suplementados por las recolecciones en viajes dedicados a la marcación.

3. Oceanografía y ecología del atún.

a. Continuación del estudio de los datos oceanográficos y meteorológicos existentes para:

(1) Una descripción general de la circulación del Pacífico Oriental.

(2) La correlación de las variaciones estacionales y anuales en las características meteorológicas, oceanográficas y biológicas con resultados de la pesca de atún.

b. Continuación de los análisis de los datos de las Expediciones "Eastropic", "Scope" y "Scott" y terminación del análisis de los datos de la "Island Current Survey".

c. Recolección de datos adicionales sobre oceanografía física, química y biológica por los siguientes medios:

(1) Participación en los cruceros del Tuna Oceanography Project de Scrips y cooperación en el análisis de los datos.

(2) Un crucero, durante los meses de noviembre y diciembre de 1959, a la región del domo termal de Costa Rica y las vecindades de la Isla del Coco, para estudiar la oceanografía física, química y biológica de estas áreas.

(3) Cooperación con los científicos del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú.

d. Continuación y expansión de la recolección de los datos sobre la temperatura del mar en mar abierto y en puntos seleccionados a lo largo de la tierra firme y en islas mar afuera, en cooperación con otras entidades.

e. Continuación de la recolección y análisis de los datos de la temperatura cuasi sinóptica de la superficie del mar, a bordo de barcos pesqueros. Evaluar la utilidad de los termógrafos comparada con el uso de los termómetros ordinarios y decidir si se continúa con el empleo de los primeros.

f. Continuación de los estudios de los organismos del zooplancton, especialmente de los quetognatos. como organismos indicadores, dando particular énfasis a su distribución vertical para elucidar sus relaciones con los factores físicos y químicos.

g. Ulteriores investigaciones sobre los "efectos de las islas" mediante el análisis de los datos existentes y planificación de estudios adicionales.

4. Investigación sobre los peces de carnada.

a. Continuación de los estudios en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, incluyendo:

(1) Terminación de los estudios sobre la hidrografía del Golfo.

(2) Vigilancia de la población de anchovetas.

(3) Terminación de la recolección de materiales para el estudio preliminar de la biología del arenque *(Opisthonema)*.

b. Continuación de los estudios de la historia natural, biología y ecología de los stocks de anchovetas en el Golfo de Panamá y áreas adyacentes frente a la costa de Colombia.

c. Continuación de la recolección de datos y materiales de otras áreas, por los barcos atuneros y también en viajes especiales a determinadas zonas.

d. Compilación y análisis de los datos estadísticos de los registros de bitácora de los barcos atuneros sobre la abundancia y rendimiento de los stocks de anchovetas en las más importantes áreas de carnada.

e. Continuación (y posible terminación) de los estudios de los huevos, larvas y estados juveniles de la anchoveta, basados principalmente en el material recogido en el Golfo de Panamá.

f. Estudios preliminares de los peces de carnada empleados en Manta, Ecuador.

Progreso de las investigaciones

Durante el año, nuestro personal científico ha llevado adelante la investigación en las líneas de estudio mencionadas más arriba, habiendo logrado considerable progreso en todas ellas. Una gran parte del tiempo se ha dedicado al trabajo en el mar a bordo de barcos pesqueros comerciales, de una embarcación alquilada para la marcación de atunes y de barcos de investigación, con el objeto de recolectar nuevos datos. Se ha dado mayor énfasis a las líneas de investigación que conducen a la solución del complejo e importante problema de elucidar la estructura de la población y la dinámica de las especies de atún. Durante la mayor parte del año, el régimen anormal de altas temperaturas del mar continuó en el Pacífico Oriental, pero durante la última mitad del año hubo indicaciones de un comienzo al retorno de condiciones más normales; el personal científico sigue cuidadosamente estos cambios oceanográficos así como los consecuentes cambios en la pesquería.

Una importante y continua tarea es la medición de la abundancia y distribución de los stocks de peces, de la intensidad de la pesca a que están

sometidos y del rendimiento logrado como una base para estimar la condición corriente de estos stocks en relación con la condición correspondiente al promedio máximo de rendimiento sostenible, mediante la comparación con datos similares de los años anteriores. Esto se consigue mediante la recolección, compilación y análisis continuos de los registros de las operaciones y resultados de las flotas pesqueras a través del Océano Pacífico Oriental Tropical. Por medio de estos datos también es posible vigilar los cambios en la distribución y conducta de las poblaciones de atún debidos a factores independientes de la pesquería y los cambios concurrentes en las operaciones de las flotas pesqueras.

Nuestro personal científico también sigue de cerca la fuerza potencial de pesca de las flotas atuneras, y las probables tendencias a corto plazo, como una base para la estimación del esfuerzo de pesca al que probablemente están expuestas las poblaciones de peces. Durante 1959 disminuyó en forma notoria la intensidad de la pesca en los stocks de atún y de peces de carnada, debido al continuo desgaste de las flotas pesqueras y a la reducción de las operaciones de muchos barcos que operan con base en puertos de los Estados Unidos, como consecuencia de disputas laborales y relativas a los precios del pescado. También ha continuado la conversión de un número apreciable de barcos de carnada a rederos, debido en parte a las recientes mejoras en los equipos de estos últimos y a los métodos de operación. También continúa la tendencia de transferir embarcaciones de los Estados Unidos a bases extranjeras.

Los datos obtenidos durante 1959 continúan indicando que las poblaciones de barrilete se explotan a un nivel mucho más bajo que el que corresponde al promedio máximo de rendimiento, siendo tan baja la intensidad de la pesca como para no tener un efecto apreciable en relación a las influencias de los factores ambientales de la pesquería. La abundancia de esta especie y el rendimiento aumentaron substancialmente en 1959.

Por el contrario, es evidente que el atún aleta amarilla está siendo explotado con intensidad suficiente como para afectar la abundancia promedio de sus poblaciones. Sin embargo, el presente nivel del esfuerzo de pesca permanece muy por debajo del correspondiente al promedio de rendimiento máximo sostenible y, considerando la merma continua en la fuerza de explotación de las flotas, existe poca probabilidad de encontrarse en peligro de una pesca intensiva en un futuro próximo. Sin embargo, la reciente limitada participación de barcos japoneses en la pesquería puede ser una indicación de creciente explotación por ese lado. Desafortunadamente, la Comisión no ha podido obtener datos satisfactorios de estas operaciones de pesca japonesas y de sus resultados. Durante 1959, la abundancia aparente del atún aleta amarilla aumentó con respecto a los años anteriores, pero la producción total declinó ligeramente debido a la marcada disminución del esfuerzo de pesca.

La disponibilidad del atún aleta amarilla y del barrilete fué afectada de nuevo, en opinión del personal científico, por la continuación de anor-

malmente altas temperaturas en mar abierto durante gran parte de 1959. Este régimen de aguas tibias parece influir favorablemente en la pesquería del barrilete, particularmente frente a la parte septentrional de Sudamérica, y afectar de modo desfavorable la pesquería del atún aleta amarilla, por lo menos respecto a los barcos de carnada. En particular, el área frente al norte del Perú produjo extremadamente grandes cantidades de barrilete durante el año.

Se continuaron las investigaciones en cuanto a las variaciones estacionales y anuales del grado en que la flota pesquera está en condiciones de concentrar sus esfuerzos con buen éxito en las áreas de mayor abundancia de atún. Los resultados de estos estudios son de importancia como una base para lograr mejoras en las técnicas de análisis y para estudiar diversos aspectos de la pesquería a través de las estadísticas de pesca. Durante 1959 se completó el análisis de los datos del atún aleta amarilla hasta 1958 y se hizo un buen comienzo con respecto a los datos del barrilete. Parece que, en cuanto a ambas especies, la medida del "índice de concentración" anual, que mide el grado de concentración de la pesca en las áreas más rendidoras, se mantiene notoriamente constante de un año a otro. Los estudios preliminares han revelado que no existe evidente correlación de las variaciones en los índices de las dos especies.

También se llevan registros, basados en las anotaciones de los cuadernos de bitácora de los barcos atuneros, del rendimiento de cada una de las especies de carnada para el atún y de la abundancia aparente de las especies más importantes en las diversas áreas de carnada. El total de carnada usado en 1959 mermó substancialmente con relación al año anterior y, por la primera vez en los años de la postguerra, la anchoveta tropical no predominó en la pesca. Con la concentración de gran parte del esfuerzo de pesca en aguas frente al Perú, la anchoa sureña, que se presenta ahí, llegó a ser el elemento predominante. A pesar de que la pesca de esta especie es considerable, con relación a otras especies empleadas como cebo para el atún, la pesca para este propósito es insignificante en comparación con su utilización para otros fines; en 1959 la pesca para la industria de harina de pescado llegó a casi dos millones de toneladas. En el Golfo de Panamá, el uso de la anchoveta para la industria de harina de pescado se comenzó en escala substancial en 1959; la pesca con este objetivo fué mucho más alta que la que se realizó para obtener carnada para el atún. Sin embargo, los datos preliminares no denotan que haya habido una disminución significativa en la abundancia, según los datos de la "pesca por día de actividad" de los barcos de carnada. No obstante, la situación requiere una cuidadosa y continua observación para el futuro beneficio de las industrias atuneras y de harina de pescado.

Para proceder a un análisis de las dinámicas de las poblaciones de las especies de atún tropical en una forma más completa que la basada en la agrupación de todos los miembros de cada especie en el Pacífico Oriental, es necesario adquirir un conocimiento detallado de la estructura de sus

poblaciones. El personal científico está dedicando gran parte de su esfuerzo a las investigaciones referentes a este problema, que también proporcionan información sobre estadísticas vitales (por ejemplo: tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento) de las poblaciones de atún. Estos estudios incluyen programas en gran escala de marcación y recobro de atunes y de recolección y análisis de datos sobre el tamaño y composición de edades de la pesca comercial, así como algunas investigaciones preliminares de la genética del atún sobre la base de la serología de la sangre. El progreso es lento, sin embargo, porque desgraciadamente parece que la estructura de la población de estas especies es muy compleja. Por los resultados de las diversas investigaciones efectuadas, es evidente que cada una de las especies de atún en el Pacífico no está compuesta de una sola población que se mezcla rápidamente. Al mismo tiempo, sin embargo, no parece que existan límites claramente definidos entre poblaciones y, en un período de tiempo moderadamente largo, puede haber una completa mezcla dentro de extensas regiones, o tal vez aún en todo el Pacífico Oriental. Tanto los resultados de la marcación y los datos sobre la composición de tamaños como los datos sobre el desove del atún indican que en muchas areas puede haber una mezcla de stocks provenientes de diferentes épocas o áreas de desove. La interrelación de estos stocks todavía no se entiende y se anticipa que aún se requieren muchas investigaciones para resolver este recalcitrante problema.

No obstante, se ha conseguido un considerable progreso en el programa de marcación y recobro de atunes. Durante el año, a bordo de barcos pesqueros comerciales que operan desde California, Perú y Ecuador y de una embarcación alquilada, se marcaron 8,876 atunes aleta amarilla y 16,409 barriletes. El trabajo en el barco alquilado dió particularmente un excelente resultado, ya que se marcaron y echaron al agua 6,331 atunes aleta amarilla y 5,992 barriletes en el área frente a la América Central en donde la marcación a bordo de barcos comerciales no había tenido mucho éxito, siendo dicha zona de especial interés porque parece contener una mezcla de stocks. Los recobros de estas marcaciones durante el año señalaron movimientos migratorios mucho más extensos que los registrados en peces marcados en áreas al norte y al sur, encontrándose que algunos atunes aleta amarilla llegaron hasta las vecindades de Acapulco en el norte y muchos barriletes se recuperaron en el sur en aguas frente a Colombia y Ecuador. Se han acumulado suficientes marcas de recobros (747 de atunes aleta amarilla y 937 de barriletes) como para comenzar a dar conocimiento dentro de los diseños migratorios y para hacer estimaciones preliminares sobre las tasas de crecimiento, mortalidad y dispersión.

El rápido crecimiento de los atunes tropicales, que se había inferido previamente por evidencia indirecta, ha sido confirmado directamente por el aumento observado en el tamaño de los ejemplares marcados; sin embargo, las tasas de crecimiento del atún aleta amarilla, por lo menos, calculadas de la información de la marcación y recaptura, son significa-

tivamente más bajas que las inferidas para atunes no marcados de aproximadamente los mismos tamaños de la progresión de modos en las muestras de frecuencias de tamaños de la pesca comercial. La diferencia probablemente se debe más a la operación de la marcación que puede retardar el posterior crecimiento del pez marcado.

En los peces marcados, la tasa de mortalidad, que es la tasa a que desaparecen los peces del stock en las áreas de pesca, es muy rápida en ambas especies, estimándose por el recobro de peces marcados liberados durante el año 1957 en 95.7% por año en el atún aleta amarilla y 98.2% en el barrilete. La tasa de mortalidad puede resultar de la muerte o captura, de la pérdida de las marcas o de la emigración de las áreas de pesca La tasa en la merma de la abundancia aparente de las clases anuales individuales del atún aleta amarilla, derivada de una combinación de datos referentes a la composición de tamaños y a los datos de las estadísticas de pesca, computada para una región particular de la pesquería, ha sido estimada en un 87% por año. Esta cifra, que es una medida de la tasa total de mortalidad, es substancialmente más baja que la tasa de la pérdida de marcas, lo que nos lleva a inferir que la pérdida de marcas y/o la migración son componentes importantes de la última.

El examen del diseño de la distancia de movimiento con aumento de tiempo en el caso de los atunes marcados, indica que hay algo más en ésto que una simple dispersión al azar. En cuanto al atún aleta amarilla, es evidente un fuerte diseño migratorio anual; los peces, después de un año de su marcación y liberación, se encuentran más cerca de las localidades en que fueron marcados que a mitad de año. Un diseño similar exhibe el barrilete en la región sur de la pesquería, pero en la región norte (frente a México) hay evidencia de que los peces, después de permanecer varios meses cerca de las localidades en que fueron marcados, se dispersan completamente de la región de la pesquería. En ambas regiones, la tasa de dispersión del barrilete parece ser mucho mayor que la del atún aleta amarilla.

Un análisis más detallado de los datos sobre composición de tamaños de las pescas comerciales de atún aleta amarilla indica que los principales componentes de la población en las diversas áreas de muestreo al norte del Golfo de Tehuantepec son similares en todo. Una situación similar existe en diferentes áreas de muestreo en aguas frente a la parte septentrional de Sudamérica. Sin embargo, en la región central de la pesquería, frente a la América Central, la composición de tamaños de la población de atún aleta amarilla es más bien diferente de la de las regiones al sur y al norte. En estas regiones, cada una de las poblaciones está compuesta principalmente de una sola serie de clases anuales sucesivas. En la región central, evidentemente hay dos series principales de clases anuales sucesivas, las cuales entran en la pesquería en dos diferentes estaciones. Las tasas de crecimiento, entre los 18 y los 30 meses de edad aproximadamente, son similares en las tres regiones.

Los análisis de los datos sobre la edad, crecimiento y estructura de las clases anuales de la población de barrilete han merecido una prioridad secundaria, porque eran más urgentes para nosotros esos conocimientos con respecto al atún aleta amarilla, pero se ha logrado hacer algún estudio de dichos datos durante el año, principalmente en lo que se refiere a la estimación de la edad y la tasa de crecimiento. Estos estudios han confirmado nuestra conclusión anterior de que el barrilete crece más bien rápidamente y de que las clases anuales pasan rápidamente por la pesquería comercial, estando usualmente sólo unos 17 meses en el stock explotado comercialmente. En el área frente a la América Central, en la que los datos de crecimiento han sido examinados con algún detalle, el barrilete entra en la pesquería cuando mide unos 45 cm. de longitud y alcanza 60 cm. un año más tarde. Esta tasa de crecimiento es, otra vez, algo más alta que la observada en los barriletes marcados.

La información sobre la composición de tamaños de las poblaciones de atún aleta amarilla y barrilete, puede ser inferida de los registros de las plantas enlatadoras de atún de las frecuencias relativas del "número de pescados cocinados por canasta", por una larga serie de años que se extiende hasta años anteriores al comienzo de las investigaciones de la Comisión. El análisis de los cambios en la composición de tamaños basado en estos datos, junto con los datos del esfuerzo de pesca y abundancia aparente de las especies de atún, revela que la composición de tamaños de los desembarques de atún aleta amarilla exhibe cambios que tienen gran relación con los cambios en el esfuerzo de pesca; esta correlación no es evidente en el barrilete. Estos resultados son una ulterior e independiente confirmación de la conclusión —de otros estudios— que la pesquería del barrilete es de tan baja intensidad que no produce efectos apreciables en los stocks, mientras que la pesquería ha producido marcados efectos en los stocks de atún aleta amarilla.

Ulterior trabajo preliminar se ha hecho hacia la aplicación de las técnicas de clasificación de los tipos de sangre para el estudio de la genética del atún, como un posible medio de investigar la estructura de la población. Se han preparado algunos sueros mediante la inmunización de pollos y ovejas con sangre de atún, pero todavía no han sido probados. Entre tanto se ha experimentado en el bonito (que puede obtenerse fácilmente cerca de San Diego) con varias substancias fitoaglutinantes. Estos reactivos serán empleados durante el año venidero con el objeto de comparar muestras de sangre de atún procedentes de varias partes del Océano Pacífico.

El alimento y los hábitos alimentarios de los atunes tropicales continúan en estudio; se emplea principalmente en esta investigación el material sacado de los estómagos de atunes descargados en la pesca comercial. Los resultados de estos estudios indican que los atunes tropicales son bastante omnívoros, pero que hay marcadas diferencias en los

tipos de organismos de los que se alimentan las dos especies; el barrilete se alimenta de pequeños crustáceos en una mayor extensión que el atún aleta amarilla. También hay notables diferencias en los organismos que se encuentran en mayor abundancia en los estómagos de los atunes capturados en diferentes regiones del mar; sin embargo, estas diferencias parece que están más bien relacionadas con las diferencias de la fauna predominante en las diferentes regiones marinas que con los alimentos preferidos por los atunes. Se espera que dentro de los próximos meses habremos terminado de examinar suficientes estómagos de atún de cada región durante varias estaciones del año y que esta fase de la investigación sea suspendida después de la preparación de una publicación sobre los resultados. Entre tanto, zóologos de la Institución Scripps de Oceanografía están tomando muestras para la investigación de los organismos alimentarios del atún en varias regiones, para lo que emplean redes de varias clases movidas a gran velocidad. Esto nos proporcionará un material muy útil para examinar posteriormente con más detalle el asunto referente a las preferencias del atún en materia de alimentos.

El desove de las especies tropicales de atún se estudia por dos métodos: examen de los ovarios de las hembras de los desembarques comerciales y recolección de larvas y de juveniles por nuestros científicos en el mar. Se ha examinado buen número de series de muestras de gónadas de casi todas las áreas de pesca en diferentes estaciones del año y, en consecuencia, se ha descontinuado la mayor parte de tal muestreo de la pesca. Los resultados de la investigación se preparan para ser publicados. Los más importantes resultados de este estudio son la determinación de las aparentes estaciones de desove del atún aleta amarilla en diversas áreas del Pacífico Oriental y la determinación de que no hay más que poca evidencia de que el barrilete desove en grandes cantidades en cualquier lugar de las regiones costeras. Parece que los stocks de barrilete del Pacífico Oriental dependen en gran parte del reclutamiento producido por el desove en aguas muy afuera de la costa y probablemente muy apartadas de la región de la pesquería comercial. Sin embargo, el atún aleta amarilla, a pesar de que desova también mar afuera, aparentemente tiene centros mayores de desove frente a las costas de México meridional, frente a Centroamérica, en las vecindades de algunos grupos de islas alejadas del continente y quizás también frente a las costas del Ecuador. Las estaciones de desove no son idénticas en todas las áreas y, desde luego, el máximum del desove estacional muestra marcadas diferencias en algunas de ellas, las cuales pueden, consecuentemente, mantener diferentes subpoblaciones.

En la mayor parte del Pacífico Oriental Tropical se han pescado atunes en estados larvales y juveniles, utilizando redes para plancton y redes de mano, durante los cruceros oceanográficos y otros, pero no se han cubierto todas las estaciones en todas las localidades. Estas recolecciones de larvas y juveniles de atún aleta amarilla y barrilete han sido

hechas con amplitud suficiente como para respaldar algunas conclusiones con respecto a las áreas y épocas de desove. En general, estas conclusiones concuerdan con los resultados del examen de los ovarios de ejemplares adultos. Un gran número de larvas de atún aleta amarilla se ha recogido de muchas localidades, indicando la amplia extensión del desove de esta especie en áreas que se encuentran tanto a unos pocos cientos de millas de la costa como también mucho más adentro en mar abierto, pero con diferencias estacionales en las distintas regiones. Una serie de recolecciones mensuales que durante el año pasado ha hecho el personal de nuestro laboratorio en Costa Rica, frente a Cabo Blanco, ha sido particularmente valiosa en la indicación del diseño estacional del desove en una importante área de reproducción frente a la América Central. Del barrilete solamente se han recogido unas pocas larvas y casi todas en lugares muy adentro en mar abierto. Esto confirma la conclusión obtenida del examen de gónadas de que hay muy poco desove del barrilete en la mayor parte de la región de la pesquería comercial frente a las Américas.

Se ha continuado la investigación sobre la composición de tamaños de los cardúmenes de atún basada en los datos recogidos por nuestros científicos a bordo de barcos de carnada y rederos y en los registros llevados en los cuadernos de bitácora de estos últimos sobre cada calada de las redes. Esto ha demostrado que, en promedio, el 90 por ciento de las pescas de los barcos rederos y el 65 por ciento de las de los clípers se han hecho en cardúmenes puros, o sea formados por una sola especie. También se ha obtenido una información útil sobre la composición por especies de los cardúmenes de especies mezcladas y sobre la composición de tamaños de los peces de cada especie en cardúmens individuales. Estos resultados son importantes no sólo para conocer los hábitos gregarios del atún, sino también como una base de consideración para regulaciones de pesca prácticas al tiempo en que sean requeridas.

Durante el año se continuó la investigación sobre la oceanografía física, química y biológica, en cooperación con otras entidades, incluyendo estudios de la oceanografía general del Pacífico Oriental Tropical y de características particulares, siendo ambas de importancia para las investigaciones de la ecología del atún.

Entre noviembre y diciembre, a bordo de un barco alquilado a la Institución Scripps de Oceanografía, el personal científico de la Comisión terminó un detallado estudio de la región del Domo Termal de Costa Rica, una importante área de pesca frente a la América Central, y un estudio de las vecindades de la Isla del Coco. Nuestro personal también participó en una expedición del Tuna Oceanography Research Group a las vecindades del Golfo de Tehuantepec y actualmente participa en el análisis de los datos obtenidos en ésa y en otras expediciones en la región septentrional de la pesquería que realizaron miembros del personal de Scripps. También tenemos a nuestra disposición datos adicionales obteni-

dos en cruceros que el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú realizó en aguas de ese país.

El análisis de la circulación subsuperficial del Pacífico Oriental Tropical, basado principalmente en los datos de las Expediciones "Eastropic" y "Scope" está cerca de su terminación para ser publicado.

Los datos de la Island Current Survey han sido analizados completamente y el informe correspondiente se encuentra en prensa en nuestro *Boletín*. Los efectos producidos por la Isla Clarion y el Banco Shimada en cuyas vecindades se realizaron estas investigaciones, fueron muy locales. Datos para un estudio comparable del "efecto de las islas" cerca de una isla en una corriente más rápida se recogieron cerca de la Isla del Coco en diciembre último, pero todavía no han sido analizados.

Los esfuerzos realizados por la Comisión y otras entidades en el sentido de obtener un continuo informe sinóptico de la temperatura de las aguas superficiales de todo el Pacífico Oriental han resultado en una recolección rutinaria de datos en una extensión mucho mayor que en el pasado; además, una unidad del Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos comenzará a hacer cartas con los expresados datos para efectuar una publicación regular mensual a partir de enero de 1960. Estos datos son valiosos para mantener un registro de los cambios en gran escala en el régimen de la temperatura, que han demostrado tener importantes efectos sobre la distribución de los atunes y su disponibilidad para la pesquería. Tales cambios son particularmente notorios y los efectos en los atunes particularmente evidentes frente a la parte septentrional de Sudamérica, en donde la aparición de aguas anormalmente tibias se conoce con el nombre de "El Niño". En un intento de llegar a comprender el fenómeno de "El Niño" y sus causas meteorológicas, que pueden ser de valor para el pronóstico, científicos de nuestro personal y de la Institución Scripps de Oceanografía han estado trabajando en colaboración con el Dr. Jacob Bjerknes y otros del Departamento Meteorológico de la Universidad de California en Los Angeles; el trabajo de este Departamento en este proyecto es soportado, en parte, por un pequeño contrato con la Comisión del Atún. El Profesor Bjerknes ha desarrollado algunas ideas estimulantes sobre los efectos de la circulación atmosférica en esta parte del océano, las que se han incorporado a un manuscrito para su publicación.

Durante el año se ha avanzado ostensiblemente en los estudios de los quetognatos como organismos indicadores para la identificación de las masas de agua; este avance se ha conseguido gracias al equipo recientemente desarrollado para obtener muestras de zooplancton en profundidades específicas. Este aparato ha sido empleado en varios cruceros y los resultados indican que ciertas especies de quetognatos son de un valor definitivo como indicadoras de la existencia de ciertos tipos de agua en el Pacífico Oriental. Los quetognatos encontrados en las recolecciones de plancton hechas en la Corriente del Perú por el Consejo de Investigaciones

Hidrobiológicas y las muestras recogidas más afuera en el Pacífico Sur por la Expedición "Downwind" de la Institución Scripps de Oceanografía (como parte del trabajo del Año Geofísico Internacional), son objeto de detenido examen como posible medio para determinar el origen de las aguas tibias que invaden el área costera del Perú durante la época de "El Niño".

Se ha realizado un trabajo adicional sobre la naturaleza de los "frentes" oceánicos —áreas agudas de transición entre las masas de agua— y sobre los procesos concernientes a ellos. Se considera que estos frentes son de importancia para atraer las concentraciones de atún, por lo que precisa tener un mayor conocimiento sobre ellos.

Los estudios sobre los peces que se emplean como carnada para el atún, y su ecología, se efectúan en nuestro laboratorio central y en los regionales de Costa Rica y Panamá. Se ha seguido dando principal atención a la investigación sobre la anchoveta. *(C. mysticetus)*, pero también se hace algún trabajo sobre otras especies. Durante el año se ha recogido en los Golfos de Nicoya y Panamá material para el estudio de algunos aspectos de la historia natural del "arenque de hebra", *Opisthonema,* (conocido vulgarmente por "gallera" en Costa Rica). Durante el año pasado, un científico de la Comisión estacionado en Manta, Ecuador, con el principal objetivo de marcar atunes comenzó incidentalmente algunos estudios sobre la historia natural de la especie de carnada, *Anchoa naso,* que se emplea principalmente en la pesquería local de atún.

Al presente está casi completo para su publicación un estudio sobre la edad, crecimiento, madurez sexual y desove de las poblaciones de anchovetas en casi todas las principales áreas de carnada del Pacífico Oriental. En todas las áreas, cada una de las cuales mantiene una población separada, esta especie desova cuando tiene un año de edad, crece rápidamente y sufre una alta tasa de mortalidad natural, de tal modo que la pesquería se mantiene en su mayor parte de peces muy jóvenes. Existen, sin embargo, algunas diferencias entre áreas en lo referente a las tasas de crecimiento, longevidad y épocas de desove.

Las investigaciones sobre la posibilidad de determinar la composición de edades del stock de anchovetas en el Golfo de Panamá por medio de la lectura de las marcas de las escamas, han dado resultados negativos. Se efectúa un estudio similar de las escamas de la población de Guaymas, en donde hay un diferente período de desove y régimen hidrográfico.

Se continúan los estudios sobre las primeras etapas de la historia natural de la anchoveta y la identificación de los estados larvales avanzados. Ha sido lento, sin embargo, el progreso en la identificación diferencial de las larvas planctónicas de engráulidos de las muestras tomadas en el Golfo de Panamá debido a los cambios del personal durante el año. Pocos resultados se han obtenido en las intensivas pruebas de criar larvas a base de huevos planctónicos en Panamá, a pesar de haber usado una

amplia variedad de procedimientos técnicos; estas pruebas serán abandonadas, por lo menos temporalmente, para dedicar los esfuerzos a una investigación más fructífera.

Los experimentos para lograr el perfeccionamiento de una marca adecuada y de una técnica de marcación para estudiar los movimientos migratorios y la tasa de explotación de la población de anchovetas del Golfo de Panamá han sido bastante satisfactorios. Se han ensayado varios tipos de marcas en peces mantenidos en viveros y se ha comprobado que una marca metálica interna, debidamente aplicada, puede usarse con resultados muy aceptables en cuanto a mortalidad y a pérdida de marcas. Como actualmente se desarrolla en el Golfo una pesquería substancial de la anchoveta para la fabricación de harina de pescado, lo que facilita el recobro de las marcas metálicas internas por medio de imanes en las fábricas, el empleo de este tipo de marca es práctico. Un programa de marcación en gran escala se planea para 1960.

El desarrollo de la pesquería de anchovetas en Panamá para la fabricación de harina de pescado, como se dijo anteriormente en este informe, ha dado como resultado una pesca mucho mayor para este empleo que la que efectúan los barcos atuneros; consecuentemente, es oportuna la medición de la población por medio de la técnica de marcar los peces como un medio de vigilar el efecto del aumento de la presión de pesca sobre la población de peces.

La serie de recolecciones bimestrales de datos hidrográficos y biológicos, comenzada en diciembre de 1954 en una estación permanente en el Golfo de Panamá, como un medio para estudiar la fertilización estacional del Golfo por el afloramiento producido por el viento, y sus efectos en la productividad, fué completada en junio de 1959 y los datos están en proceso de detallado análisis. Estos datos se están usando para calcular los cambios en los elementos nutritivos, en la tasa de crecimiento del fitoplancton y en las cosechas estables de fitoplancton y zooplancton durante las épocas de afloramiento y las de no afloramiento y para investigar las relaciones cuantitativas entre ellos. Los efectos de las variaciones en la extensión y duración del afloramiento de un año a otro en estos elementos están siendo investigados actualmente y se espera que esto también pueda ser relacionado con las poblaciones de anchovetas y otros organismos comercialmente importantes en el Golfo.

En el Golfo de Nicoya, Costa Rica, el personal de la Comisión continúa vigilando la pequeña población de anchovetas, está recogiendo material para el estudio de la biología del arenque de hebra ("gallera") y continúa también efectuando ciertas observaciones de la hidrografía del Golfo. Así mismo, como se dijo anteriormente, efectúa viajes periódicos para la recolección de larvas de atún en el área del mar frente a Cabo Blanco.

Deploramos tener que informar que la pequeña población de anchovetas del Golfo de Nicoya da muy pocas señales de crecimiento y se

mantiene muy por debajo de una magnitud comercialmente importante. El arenque sí parece abundar en el Golfo.

Con la terminación del análisis de los datos hidrográficos del Golfo de Nicoya por el período 1952-1958, las observaciones rutinarias se han reducido a observaciones mensuales en dos estaciones, una cercana al centro del Golfo y otra próxima a la boca del mismo, y a la colección de datos de salinidad y temperatura en el muelle de Puntarenas. Estos datos, junto con los datos meteorológicos y sobre el drenaje de los ríos en el Golfo, parecen ser adecuados para vigilar las fluctuaciones del régimen hidrográfico. Avanzado el año 1959, durante el período de máxima precipitación se hizo un intensivo estudio de la distribución transversal de la salinidad y temperatura en el Golfo y se proyecta una investigación similar durante la estación seca a principios de 1960. Estos datos nos darán más luz sobre la circulación del agua en el Golfo.

En Manta, Ecuador, a partir de marzo de 1959 se han hecho recolecciones mensuales de ejemplares de *Anchoa naso,* que es la principal especie de carnada para el atún allí, con el objeto de obtener material para el estudio de su edad, crecimiento y período de desove. Los datos hasta ahora obtenidos indican que la pesquería ha estado usando solamente una sola clase anual de la especie durante la mayor parte del año; los miembros de esta clase anual han aumentado en la longitud media del cuerpo de 53.3 mm. a 71.8 mm., entre marzo y octubre. Sin embargo, una nueva clase anual de alrededor de 40 mm. parece haber entrado en noviembre en el stock disponible a la pesca. Es posible que el reclutamiento se haya originado de un desove a fines del verano, pero las gónadas no han sido examinadas todavía en número suficiente como para verificar esta hipótesis.

Un informe más detallado sobre los estudios efectuados durante 1959, por el Director de Investigaciones, se incluye al presente informe como Apéndice A.

Publicación de los resultados de la investigación

El producto final de las investigaciones científicas del personal de la Comisión es la publicación de los informes sobre sus estudios informando a la Comisión, otros científicos y público en general de los resultados que ha obtenido en su labor.

La Comisión publica en su serie de *Boletines* los resultados de las investigaciones de su personal y de otros científicos cooperadores. Durante 1959 fueron publicados nueve trabajos adicionales y varios otros fueron terminados para su publicación en los primeros meses de 1960. Los publicados en 1959, tanto en inglés como en español, fueron los siguientes:

Boletín, Volumen III, Número 4—"Distribución geográfica de las pescas de atún aleta amarilla y barrilete del Océano Pacífico Oriental Tropical, por trimestres, en los años 1952-1955", por Franklin G. Alverson.

Boletín, Volumen III, Número 5—"Cartas de la deriva de superficie

para el Océano Pacífico Oriental Tropical", por Townsend Cromwell y Edward B. Bennett.

Boletín, Volumen III, Número 6—"Comparación morfométrica entre el barrilete del Pacífico Central y el del Pacífico Oriental Tropical", por Richard C. Hennemuth.

Boletín, Volumen III, Número 7—"Las relaciones entre la longitud y el peso del atún aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)* y del barrilete *(Katsuwonus pelamis)* del Océano Pacífico Oriental Tropical", por Bruce M. Chatwin.

Boletín, Volumen III, Número 8—"Comparaciones morfométricas del atún aleta amarilla, *Neothunnus macropterus,* del Océano Pacífico Oriental Tropical", por Gordon C. Broadhead.

Boletín, Volumen III, Número 9—"Los quetognatos de la Expedición Eastropic, con apuntes sobre su posible valor como indicadores de las condiciones hidrográficas", por Paul N. Sund y James A. Renner.

Boletín, Volumen III, Número 10—"Identificación del huevo, historia de las primeras etapas de vida y áreas de desove de la anchoveta *Cetengraulis mysticetus* (Günther), en el Golfo de Panamá", por John G. Simpson.

Boletín, Volumen IV, Número 1—"El alimento de las larvas de la anchoa norteña *Engraulis mordax",* por Leo Berner, Jr.

Boletín, Volumen IV, Número 2—"Información adicional sobre la relación entre la longitud y el peso del barrilete del Océano Pacífico Oriental Tropical", por Richard C. Hennemuth.

Además de estos *Boletines,* doce trabajos escritos por miembros de nuestro personal científico se publicaron durante el año en otras revistas:

25. Bishop, Yvonne M. M.
    1959 Errors in estimates of mortality obtained from virtual populations.
    Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 1, pp. 73-90.

26. Holmes, R. W., M. B. Schaefer, and B. M. Shimada
    1959 "Scope" measurements of productivity, chlorophyll "a", and zooplankton volumes.
    U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept., Fisheries, No. 279, pp. 59-68.

27. Klawe, Witold L. and Bell M. Shimada
    1959 Young scombroid fishes from the Gulf of Mexico.
    Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 9, No. 1, pp. 100-115.

28. Klawe, Witold L.
    1959 Nuevo examen de atunes jóvenes capturados frente a la costa occidental de México durante la Quinta Expedición George Vanderbilt (1941).
    Ciencia, Mex., Vol. 18, No. 11-12, pp. 245-247.

29. Sund, Paul N.
1959 The distribution of Chaetognatha in the Gulf of Alaska in 1954 and 1956.
Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 3, pp. 351-361.

30. Schaefer, Milner B. and Roger Revelle
1959 Marine Resources
Chapter 4 *in* Natural Resources, McGraw-Hill, New York, 1959, pp. 73-109.

31. Broadhead, Gordon C.
1959 Techniques used in the tagging of yellowfin and skipjack tunas in the Eastern Tropical Pacific Ocean during 1955-1957.
Proc. Gulf and Caribbean Fish. Inst., 11th Session, Nov. 1958, pp. 91-97.

32. Revelle, Roger and M. B. Schaefer
1959 Oceanic research needed for safe disposal of radioactive wastes at sea.
Proc. Second Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Vol. 18, pp. 364-370.

33. Sund, Paul N.
1959 A key to the Chaetognatha of the Tropical Eastern Pacific Ocean.
Pacific Science, Vol. 13, No. 3, pp. 269-285.

34. Orange, Graig J. and Gordon C. Broadhead
1959 1958-1959—A turning point for tuna purse seine fishing?
Pacific Fisherman, June 1959, 4 pages.

35. Schaefer, Milner B.
1959 Biological and economic aspects of the management of commercial marine fisheries.
Trans. Am. Fish. Soc., Vol. 88, pp. 100-104.

36. Benneth, E. B.
1959 Some oceanographic features of the northeast Pacific Ocean during August 1955.
Jour. Fish. Res. Bd. Canada, Vol. 16, No. 5, pp. 565-633.

**Comités de la Academia Nacional de Ciencias—
Consejo Nacional de Investigaciones**

Durante el año, el Dr. Schaefer continuó sirviendo en dos Comités de la Academia Nacional de Ciencias —Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos.

El Comité de Oceanografía se reunió varias veces durante 1959. En dicho año se publicaron todos los capítulos, excepto uno, del Informe del

Comité, "Oceanography 1960-1970", con recomendaciones para la investigación y desarrollo de las ciencias marinas durante los próximos diez años. El Comité asesora al Gobierno en asuntos de ciencia marina y actúa como Comité Nacional de los Estados Unidos en el Comité Especial para la Investigación Oceanográfica del Consejo Internacional de Uniones Científicas.

El Comité sobre los Efectos Biológicos de la Radiación Atómica en la Oceanografía y Pesquería ha terminado y publicado informes sobre recomendaciones para la disposición de los residuos atómicos de bajo nivel frente a la costa oriental de los Estados Unidos y sobre recomendaciones para la disposición de los residuos de bajo nivel de los barcos impulsados por energía nuclear. Un grupo del Comité tiene en preparación un informe similar sobre la disposición de los residuos de bajo nivel frente a la costa occidental de los Estados Unidos. A mediados de diciembre, el Comité preparó también una revisión de su anterior informe general publicado en 1957, para ponerlo al día.

Reunión anual

La Comisión celebró su reunión regular anual en San Pedro, California, el 5 de febrero de 1959. Se tomaron las siguientes resoluciones:

1) Fué aprobado para su publicación el Informe Anual correspondiente al año 1958.

2) Se informó sobre el progreso de las investigaciones y se discutió y aprobó el programa de trabajo para el año fiscal 1959-1960.

3) Se estudió el programa de investigaciones previsto para el año fiscal 1960-1961 y el presupuesto requerido para desarrollarlo. Para el indicado año fiscal se recomendó a los Gobiernos Miembros un programa de investigaciones que requiere un presupuesto de $386,700.00.

4) Se acordó, sobre la base de las estadísticas corrientes de utilización de los atunes tropicales por parte de los países miembros, que los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1960-1961 se sufraguen en las siguientes proporciones: los Estados Unidos de América, 99.8%; Costa Rica, 0.2%; y Panamá la contribución mínima de $500.00.

5) Se hizo ver a los actuales Gobiernos Miembros y a los que no son ahora partes de la Convención, las mutuas ventajas si estos últimos participaran en el trabajo de la Comisión. Se acordó pedir a los Ministros de Asuntos Extranjeros de los Gobiernos Miembros se comuniquen con los gobiernos de otras naciones que tengan interés en la pesquería de atún en el Océano Pacífico Oriental con el objeto de invitarles a que se adhieran a la Convención.

6) El Sr. Robert L. Jones, de los Estados Unidos de América, y el Sr. Juan L. Obarrio, de Panamá, fueron elegidos Presidente y Secretario de la Comisión, respectivamente, para el siguiente año.

7) Se acordó celebrar la próxima reunión anual en San José, Costa Rica, el 23 de febrero de 1960.

8) Se aprobaron resoluciones para honrar la memoria del Dr. Bell M. Shimada y del Sr. Townsend Cromwell, miembros del personal científico de la Comisión que perdieron sus vidas en el cumplimiento de su deber el 2 de junio de 1958; y del Sr. Montgomery Phister, Consejero de la Sección de los Estados Unidos de la Comisión, quien falleció el 26 de diciembre de 1958.

Durante 1959 la flota atunera en el Océano Pacífico Oriental ha continuado declinando debido a la pérdida de barcos y a las pocas construcciones nuevas para compensar estas pérdidas. Las embarcaciones con base en los Estados Unidos han disminuído también en número por los continuos traslados a puertos de la América Latina. Además de estos traslados, pequeñas embarcaciones se han agregado a la pesquería de algunos de los países latinoamericanos. Varios grandes barcos de carnada han sido convertidos a rederos, lo que consecuentemente ha aumentado la pesca que se efectúa con el equipo de estos últimos.

Durante 1958 y 1959, una pequeña parte de la pesca en las áreas marinas en que se encuentra la población de atún que estudia la Comisión, ha sido realizada por barcos japoneses con el empleo de palangres. Desafortunadamente no hemos podido disponer de datos completos sobre estas embarcaciones, que son una causa de interés para la Comisión, particularmente en vista de un posible aumento de consideración en las pescas que hacen esos barcos. Sin embargo, parece que estas pescas hasta ahora han sido de pequeña magnitud, en un nivel de quizás un millar de toneladas de atún aleta amarilla.

Debido a la disminución en el número de barcos dedicados a la pesquería de atún en el Pacífico Oriental, así como a algunas limitaciones en las operaciones de pesca por circunstancias económicas, durante 1959 decreció la intensidad pesquera tanto sobre las poblaciones de peces de carnada como en las de atún, comparada con el año anterior. De este modo la intensidad de la pesca permanece a un nivel que no es suficiente para someter a las poblaciones cuya conservación está bajo nuestra responsabilidad a una pesca excesiva. En consecuencia, no se requiere, por el momento, recomendaciones para regulaciones de conservación.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Robert L. Jones, Presidente
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Ernie J. Suomela
Virgilio Aguiluz
José L. Cardona-Cooper
Víctor Nigro
Fernando Flores
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo
Juan L. Obarrio, Secretario

APPENDIX A

REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1959

by

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The Inter-American Tropical Tuna Commission is authorized and directed by the Convention to conduct scientific investigations of the population structure, biology, ecology, life history, and population dynamics of the yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and the skipjack *(Katsuwonus pelamis)*, and of the baitfish species employed to capture them, with particular reference to the maintenance of the fish stocks at such levels as will make possible maximum sustainable catches year after year. Pursuant to this, the Commission employs an international scientific staff which conducts research along a number of lines, each part of a comprehensive program directed toward the objectives of the Convention. Headquarters of the staff are located at the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California. Additional laboratories are maintained at San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and at the University of Panama, Panama City, R. P. Temporary field stations are also in operation in both Peru and Ecuador. Research at all of these laboratories and field stations is coordinated with the work of other governmental, international, and university research groups interested in the oceanography and marine resources of the Eastern Pacific Ocean. During 1959, it has been possible to carry forward reasonably adequately the various investigations required.

Investigations during the past year have included the following activities:

1. Compilation of current statistics of total catch, amount and success of fishing, and abundance of the fish populations

A continuing task of the scientific staff is the collection, compilation, and analysis of complete records of total catch of each species of tropical tuna from all parts of the Eastern Tropical Pacific Ocean, and of detailed logbook information and related data from a very large sample of the fishing fleets to measure the amounts of fishing and resulting catches, both of the tunas and baitfishes, by species, geographical areas, and seasons of each year. These data are of vital, fundamental importance. They provide the basic information for assessing the effects of fishing on the resources, and for keeping the Commission and the Member Governments informed as to their current condition in relation to the condition of maximum sustainable average yield. They also provide estimates of changes in apparent abundance by area, and season, which are basic to much of the research on the fishes' ecology and behavior.

Statistics of total catch of tunas

In previous reports we have described in detail the methods of collection and compilation of statistics of total tuna catch, which are obtained not only from the member countries of the Commission, but from all countries in which are based vessels fishing in the Eastern Tropical Pacific. The resulting figures are essentially complete, although there are omitted small quantities consumed in other countries than the United States, for which data are not always available. One exception is the catches of Japanese vessels operating in this area, commencing in 1958. These catches are small, but not negligible, and for them complete data have not yet been obtained. Data were obtained for 1958, although probably not complete, but no data have yet been obtainable in 1959. These catches are believed to amount currently to something like 1000 tons per year of yellowfin tuna, taken by long-line fishing. This amount is not large enough that its omission will seriously affect our analysis, but it is likely to increase, in which case our monitoring of the status of the fish stocks could be seriously in error unless these data are included. It is hoped that the Japanese Government will be able and willing to furnish these data, but efforts to obtain them have, so far, not been very effective.

In Table 1 are shown, for the years since 1940, the total landings of each of the tropical tuna species from waters of the Eastern Pacific, together with the amounts of those that were landed in, or transshipped frozen to, the United States. For 1959, only the latter data are available at this time, but, since in recent years over 95 per cent of the total catch has been processed in the United States, these latter figures are a good index to total production pending collection of complete data from other countries.

It will be seen from this Table that, during 1959, there was a substantial decrease in the landings of yellowfin tuna, despite the fact that, as we will show below, the abundance of this species as encountered by the fishermen increased from the previous year. The decrease in production appears to be attributable to two factors: (1) a decrease in fishing intensity, due to continuing decline in the fishing fleets and due to many vessels of the U. S. fleet being tied up in port during a substantial part of the year as a result of economic factors, (2) continuation of the warm water conditions in the Eastern Pacific, including the "El Niño" phenomenon off Peru, which is associated with poor availability of yellowfin and increased availability of skipjack. The skipjack production, on the other hand, increased somewhat over 1958, reaching the highest value on record, despite the decrease in fishing effort. This we believe to be due, in large part at least, to the abnormally warm sea temperature regime which favors the skipjack fishing, especially in the sea areas off Peru where, in consequence, the clipper fleet spent a large share of its fishing time. It appeared, as the year drew to a close, that the oceanic regime

TABLE 1. CATCH OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA FROM THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1940-1959

in millions of pounds.

Year	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total Catch, Eastern Pacific				
	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	----	170.5	114.6	57.6	----	172.2	67
1941	76.7	25.6	----	102.3	76.8	25.8	----	102.6	75
1942	41.5	38.7	----	80.2	42.0	39.0	----	81.0	52
1943	49.3	28.9	----	78.2	50.1	29.4	----	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	----	120.6	89.2	34.0	----	123.2	72
1946	128.4	41.5	----	169.9	129.7	42.5	----	172.2	75
1947	154.8	52.9	----	207.8	160.1	53.5	----	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	----	331.5	224.8	129.3	----	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	----	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	----	262.5	140.9	128.0	----	268.9	52
1956	169.0	148.5	----	317.5	177.0	150.3	----	327.3	54
1957	152.5	126.9	----	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	----	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	----	296.3	(1)				44

* Including Puerto Rico
(1) Not yet complete

is beginning to return toward normal. If this be so, we expect to see the fishery in the next year shift back toward the more central region of the range of the tropical tunas, with consequent shift in the species composition of the catch toward an increased share of yellowfin.

TABLE 2. PERCENTAGE, BY SPECIES, OF LANDINGS OF CALIFORNIA BASED VESSELS THAT WAS CAUGHT BY CLIPPERS

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959*	50.3	89.2

*Preliminary

In Table 2 we show the share of the catch of each species which was taken by baitboats. It will be seen that the share of the catch made by this type of gear declined substantially, particularly for yellowfin tuna. In 1959, the clippers took only barely more than half of the yellowfin catch, and their share of the skipjack catch declined also.

The shift in the share of the catch taken by the two types of gear is due, in large part, to the augmentation of the seiner fleet by conversion of baitboats to seiners. The number of active seiners in the U. S. fleet increased from 44 in 1958 to 58 in 1959, due to 10 conversions, and 4 formerly inactive vessels re-entering the tuna fishery. The conversion of baitboats to seiners was motivated by a very marked increase in the success of fishing by seiners during the last two years. This is attributable, in part, to technical improvements in seiner operation, including the use of nylon nets, power blocks, and brine-spray refrigeration*. An analysis of the records of the fleet indicates, however, that the yellowfin tuna may also have been more than normally abundant, in these recent years, in those areas frequented by the seiners. In any event, the marked improvement in success of seine fishing is continuing to attract vessel owners to this method, and it is expected that several more clippers will be converted to seiners during 1960.

Measurement of changes in tuna abundance

The staff of the Commission maintains routinely a logbook system for obtaining detailed information on the fishing operations and results of

* See article by Orange and Broadhead in "Pacific Fisherman", June, 1959.

nearly all vessels in the fleets operating from U. S. ports (including Puerto Rico). During 1959, these fleets included 145 active clippers and 58 active seiners, however eight of these craft are duplicated in the two categories, having shifted from bait fishing to seining during the year. Logbook data are also obtained from a number of vessels which operate from ports in Costa Rica, Mexico and Peru. In addition, our representative at Manta, Ecuador has obtained during 1959 detailed data on the operation of the small, local fishing vessels operating from that port.

The apparent abundance of each tuna species may be estimated from the catch-per-day's-fishing encountered, on the average, by a large sample of the fishing fleet. We compute these statistics for both clippers and seiners, but we have routinely employed the statistics derived from clipper operations, because that type of vessel has, in the past at least, made the greater share of the catch, fished at all times of the year, and covered the entire range of the fishery from Baja California to Peru. Since the catch-per-day's-fishing is affected both by the abundance of the tuna populations and their availability to capture, the apparent abundance may not always be proportional to the true abundance, but variations in availability average out over a series of years and make the trends in apparent abundance useful as estimators of similar trends in true abundance.

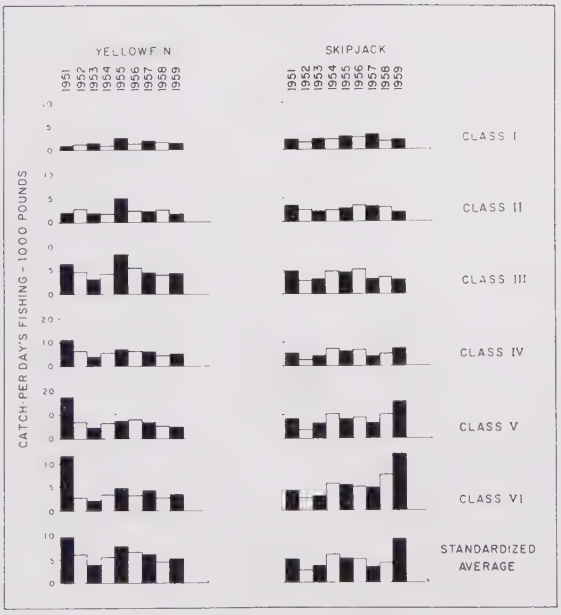


FIGURE 1. Catch-per-day's-fishing, by species and vessel size-class, for clippers, 1951-1959.

The average catch-per-day's-fishing for yellowfin and skipjack tuna is computed for each of the six size-classes of clippers, and, by the application of efficiency factors, these data are combined to provide a single

estimate of apparent abundance each year. These estimates are given in Figure 1 for the years 1951-1959. For the small vessels, fishing the northern areas of the fishery, there was little change in apparent abundance of yellowfin tuna. However, the apparent abundance encountered by the large clippers (Classes 4, 5, and 6) increased somewhat during 1959. The standardized average value cannot yet be computed, because complete data for calculating efficiency factors are not yet at hand, but it appears that it will be well above that for 1958.

The catch-per-day's-fishing of skipjack during 1959 was above that of the previous year for all vessel classes except Class 2, and exhibited a remarkable increase, to by far the highest values in recent years, for the two largest classes. This is attributed to extraordinary abundance of skipjack in areas off Peru, coinciding with the high water temperatures in that region during much of the year.

1959 Bait statistics

In 1959 approximately 95 per cent of the fleet of tuna clippers based in the United States, including Puerto Rico, kept accurate records of the amount of each kind of baitfish obtained, and the locality of capture. The bait catch of the five per cent not keeping logs has been estimated by assuming that the ratio of the amount of each kind of bait used to the quantity of tuna caught by such vessels is the same as the ratio for those vessels for which we obtain complete logbook data. Combining the bait logged by vessels furnishing accurate records with estimated amounts taken by vessels for which useable logs are not available, gives the estimated total bait catch for the entire U. S. fleet.

The estimated quantities of each of the several kinds of bait used in 1959 are given in Table 3, with comparative data for the years 1954-1958. Figure 2 shows graphically the bait catch, by kinds, for every year since 1946. These statistics do not include bait taken by vessels operating out of Latin American ports, nor do they include the catches of a few very small California vessels which occasionally fish for tropical tunas. It is estimated that baitboats fishing out of Latin American ports, in 1959, captured in the neighborhood of 600,000 scoops of bait.

The total quantity of bait used by the U. S. fleet declined from 4,447,000 scoops in 1958 to only 2,980,000 in 1959. This sharp drop in the quantity of bait used was primarily due to the appreciable decrease in baitboat fishing effort, brought about by economic difficulties and conversions to purse-seiners (previously noted).

The southern anchovy *(Engraulis ringens)* was the most important bait species used in 1959, composing 50 per cent of the total bait catch. For the first time in the postwar tuna fishery, the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* was not the most important bait species captured, comprising only 21.8 per cent of the bait catch. The decrease in use of anchoveta, and

TABLE 3. ESTIMATED AMOUNTS* AND PERCENTAGES OF KINDS OF BAITFISHES TAKEN FROM 1954 TO 1959 BY CLIPPERS**.

	1954		1955		1956		1957		1958		1959	
	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8
California sardine *(Sardinops caerulea)*	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7
Southern sardine *(Sardinops sagax)*	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7
Northern anchovy *(Engraulis mordax)*	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4
Southern anchovy *(Engraulis ringens)*	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8
California sardine and Northern anchovy mixed and not separately identified	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0
Herring *(Opisthonema, Harengula)*	49	1.2	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5
Salima *(Xenocys jessiae)*	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8
Miscellaneous and unidentified	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3
Totals	3927		2586		3653		3707		4447		2980	

*In thousands of scoops

**Vessels based in U.S. West Coast ports for years 1954-1955, and for 1956-1959, includes vessels fishing from Puerto Rico

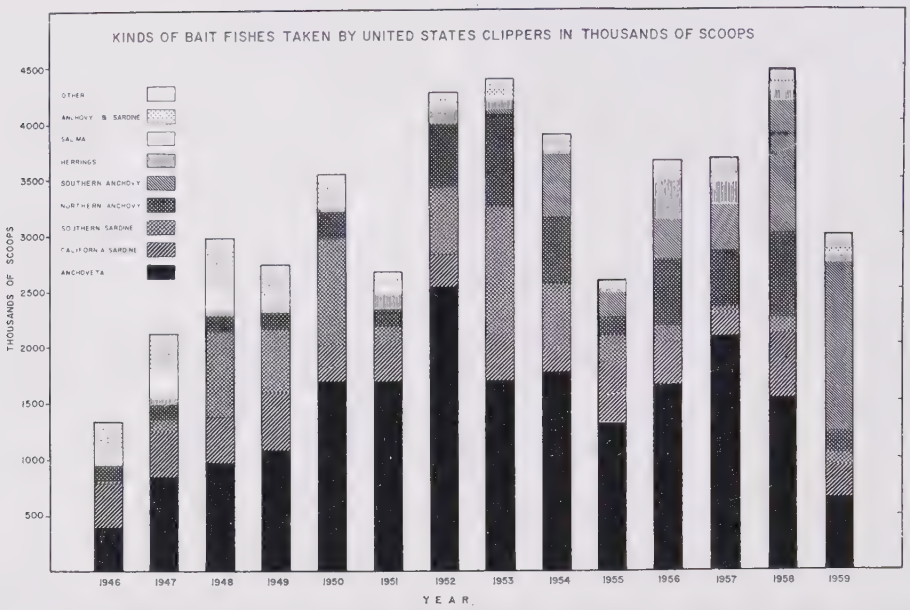


FIGURE 2. Estimated total catch of bait fishes, by kinds, by United States tuna vessels, 1946-1959.

a correspondingly large increase in the catch of southern anchovy, is due to the fact that an increased share of the fishing effort of the fleet was applied in the sea region off northern South America where, as noted above, there was encountered extraordinarily good fishing for skipjack. It may be mentioned that the use by tunaboats of southern anchovy, although large relative to other species, and large relative to the use in earlier years, is yet quite insignificant with respect to the harvest of this species for other purposes. In addition to the large harvest by guano birds, the rapidly growing Peruvian fishery for anchovies, for manufacture of fish meal, captured in 1959 in the neighborhood of two million tons, vastly more than the tunaboat catch.

In the Gulf of Panama, which is one of the most important sources of anchoveta for tuna-bait, there was added in 1959 to the tuna-bait fishery a substantial fishery for reduction to fish meal. Two fish meal factories have been operating in Panama during the last few years, but until 1959 only small amounts of anchoveta were used by them. During 1959, however, with the introduction of several purse-seiners, substantial amounts of anchoveta were taken. The catch by tunaboats plus the catch for reduction to fish meal totalled the equivalent of 2,200,000 scoops of this species from the Gulf of Panama, which is well over double the largest previous annual harvest. The abundance of the anchoveta population, however, as measured by the catch-per-day's-fishing of the tunaboats does not seem to have been much affected. A preliminary estimate of the apparent abundance is 581 scoops per day's fishing, which is near the average value of previous years. It is anticipated that the reduction

fishery will increase, which necessitates close monitoring of the effects on the anchoveta stock of the Gulf of Panama.

2. Present status of the tuna populations

By the analysis of historical series of data respecting fishing effort, apparent abundance, and total catch of each of the tropical tuna species, we have been able to determine the effects of fishing on the populations of these species in the Eastern Tropical Pacific, and to estimate the relationship of present levels of fishing effort to the level corresponding to maximum average sustainable catch. These studies have been reported in detail in previous annual reports, and in technical publications in the Commission's *Bulletin*. Compilation and analysis of similar data on a continuing basis allows us to keep track currently of the status of the populations of each species.

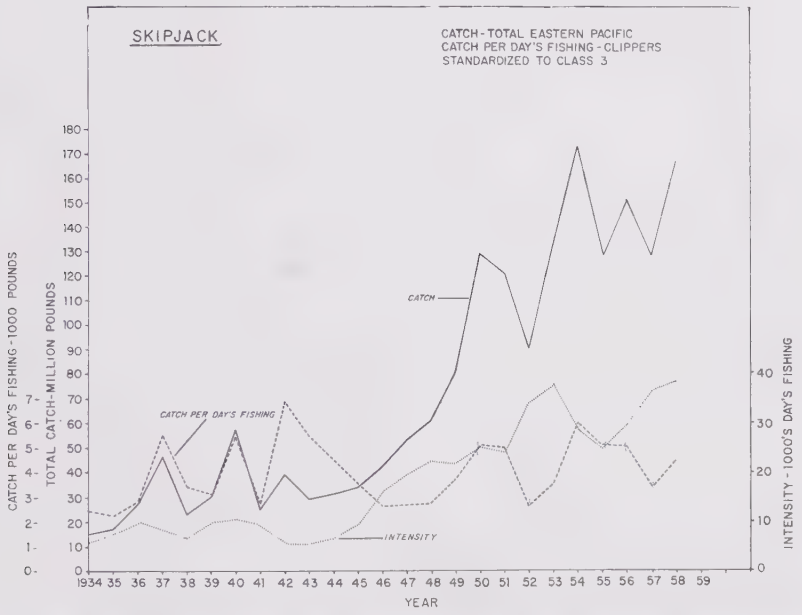

SKIPJACK
CATCH - TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING - CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAY'S FISHING
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59

FIGURE 3. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated fishing intensity, for skipjack tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1958.

There is shown in Figure 3 the historical series of measurements of fishing effort, apparent abundance, and total harvest for skipjack, through 1958. It may be seen that the abundance of skipjack in the Eastern Pacific increased in the last year of the series to a value slightly above the long-term average. This, together with increased fishing effort, resulted in the total harvest reaching the highest level in history except for that of 1954. All data for 1959 are not yet at hand, but it is evident from Table 1 and Figure 1 that the apparent abundance will be even higher, well above the long-term average, and that the harvest will exceed that of 1958, perhaps reaching a historic record high. It is evident from these data,

as we have noted in earlier reports, that, at present levels of fishing effort, the effects of fishing on the skipjack population of the Eastern Pacific are so small as to be immeasurable. The apparent abundance of this species fluctuates from year to year, but the fluctuations show no relationship to fishing effort and, therefore, are undoubtedly due to fishery-independent environmental variations. It is quite certain that the skipjack stocks are capable of supporting a much greater harvest than is at present being taken.

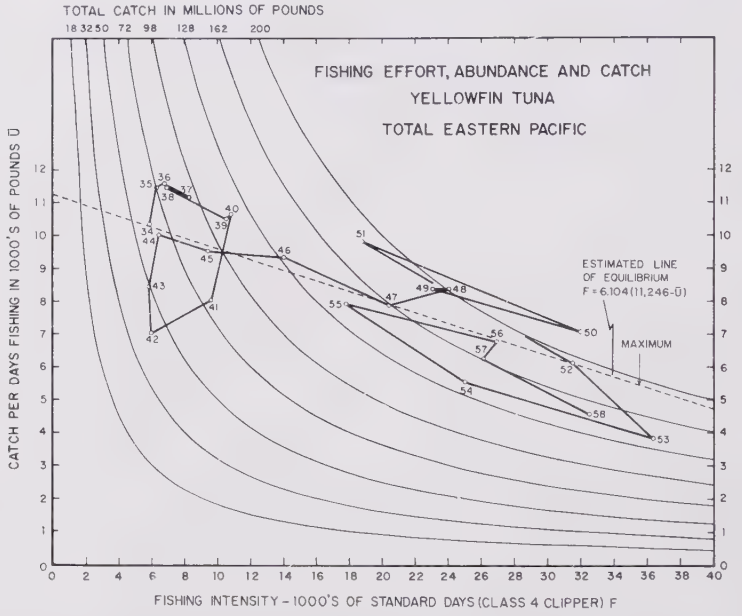

TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL EASTERN PACIFIC
ESTIMATED LINE
OF EQUILIBRIUM
F = 6.104 (11,246-Ū)
MAXIMUM
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS Ū
FISHING INTENSITY - 1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4 CLIPPER) F

FIGURE 4. Relationships among fishing intensity, apparent abundance, and total catch, for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1958.

Data for yellowfin tuna through 1958 are shown in Figure 4. The form of presentation is different than that for skipjack, and is based on the results of theoretical studies of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna, published in the Commission's *Bulletin, Vol. II,* No. 6. In this graph, fishing effort is shown on the horizontal axis, abundance on the vertical axis, and total catch (the product of abundance and fishing effort) is indicated by the equilateral hyperbolae. Observed values are the points for 1934-1958 connected by the solid line. The broken line, labelled "estimated line of equilibrium" represents the estimated average relationship (based on data through 1955) among fishing effort, abundance, and total catch, when the rate of catching is in equilibrium with the rate of natural replacement of the population; that is, it indicates the average abundance and average sustainable harvest for different values of fishing intensity.

It may be seen that fishing effort increased markedly in 1958, with a decline in abundance and total catch. Data are not yet complete for 1959, but from those now at hand (Table 1 and Figure 1) it is evident that there will be a further small decline in total catch, but an increase in abundance, with a substantial decrease in fishing effort. The point for 1959 will fall in the vicinity of the point for 1954. As in 1958, the point will probably again be below the expected value. This, we believe is due, in part at least, to continued low availablity of this species related to abnormal oceanographic conditions, referred to elsewhere in this report. The current intensity of fishing remains well below that corresponding to maximum sustainable yield.

The foregoing analyses are applied to the aggregate of all tuna of each species in the Eastern Tropical Pacific. If, however, these are composed of several discrete populations, more refined analyses treating each stock individually are more appropriate. Intensive studies of population structure by morphometry, tagging, and other techniques are being applied to the problem of population structure, as discussed later in this report, but have not yet yielded sufficiently definite results to enable us to proceed to this more detailed analysis of the catch statistical data. It appears from existing information that the members of the population of each species in the Eastern Pacific undergo some degree of intermixing, but that the mixing is not rapid nor completed in any short time period. At the same time, however, it is not possible, yet at least, to determine any geographical population boundaries. It seems that the population structure of these tropical tunas is very complex, and will require a correspondingly complex mathematical model for refined statistical analysis. More information is required respecting the population structure before such a model can be written.

3. Potential fishing power of the tuna fleets

In order to monitor the potential tuna-catching ability of the fleets of clippers and purse-seiners operating from United States ports, including Puerto Rico, we compute for each year a fishing power index, as follows: for the fleet of clippers, the number of vessels in each size class is multiplied by the efficiency factors of that class, relative to a standard (Class 4) size class, and the results are added to give the equivalent number of standard clippers. Similarly, for the seiners, the fishing power is computed in terms of the equivalent numbers of standard (Class 3) seiners. To calculate a combined index for both fleets, in terms of Class 4 clipper equivalents, the number of standard seiners is converted to standard clipper equivalent by an "effectiveness" ratio, which is composed of two factors (relative catching efficiency x relative operating rate). The relative catching efficiency employed through 1958 was 0.918, and the relative operating rate was 0.579, giving an effectiveness ratio of 0.532.

During recent years, since 1957, a number of major technical improvements have been introduced in the purse-seining operation, which has probably resulted in some increase in the catching efficiency relative to baitboats. Also, during 1959, a number of large clippers have been converted to seiners, and these vessels operate more days per year than the smaller vessels which composed the bulk of the seiner fleet in prior years. Consequently, new effectiveness ratios need to be employed in 1959.

The recent increase in the efficiency of the purse-seine fleet cannot be assessed accurately as yet, due to the short period of time the fleet has operated under the new conditions, and the difficulty of separating effects of changes in efficiency from effects of fluctuations in availability of tuna to the two types of gear. For this reason we have retained, subject to later modification, the previous long-term value for relative catching efficiency in the calculation of the 1959 index of potential fishing power.

The relative operating rate was determined by comparison of the average days at sea each year for each fleet during the period 1947-1956. Historically all but the few large purse-seiners (over 200 tons capacity) have fished for tropical tunas during a portion of the year only, while the clipper fleet has operated throughout each year. However, the large seiners which entered the fishery in late 1958 and 1959 via conversion from clippers, have operated on a full-time basis and a preliminary examination of the average number of days at sea for these vessels indicates little difference from that for the large clippers. Therefore, for 1959, the original operating rate was used for Classes 2 and 3 purse-seiners, while a value of 1.000 was used for Class 4 and 5 seiners.

Due to losses at sea, transfers to foreign ports, conversion to purse-seine operations and inactivations of some older vessels, the index for clippers declined in 1959 to 132, some 11 per cent below the 1958 value. Few new vessels have entered the fishery in recent years and there has been a steady decline, since 1951, in the number of clippers operating from U. S. ports.

From 1948 to 1958 there was a gradual decline in the number of standard purse-seine vessels (to about half the 1948 value) operating from U. S. ports. However, in 1959, with an influx of clippers converted to seining operations, the trend was reversed.

The combined index of potential fishing power for all vessels fishing from U. S. ports, including Puerto Rico, continued to decline in 1959 as shown in Figure 5, the total potential fishing power index reaching a low (since 1951) of 165. This decline, however, has been partially offset by an increase in the number of large vessels fishing tuna in the Eastern Tropical Pacific from foreign ports. At the close of 1959 there were 11 clippers and 5 purse-seiners fishing from Peruvian bases, 5 clippers and 3 purse-seiners from Mexican ports and one clipper operating from Costa Rica.

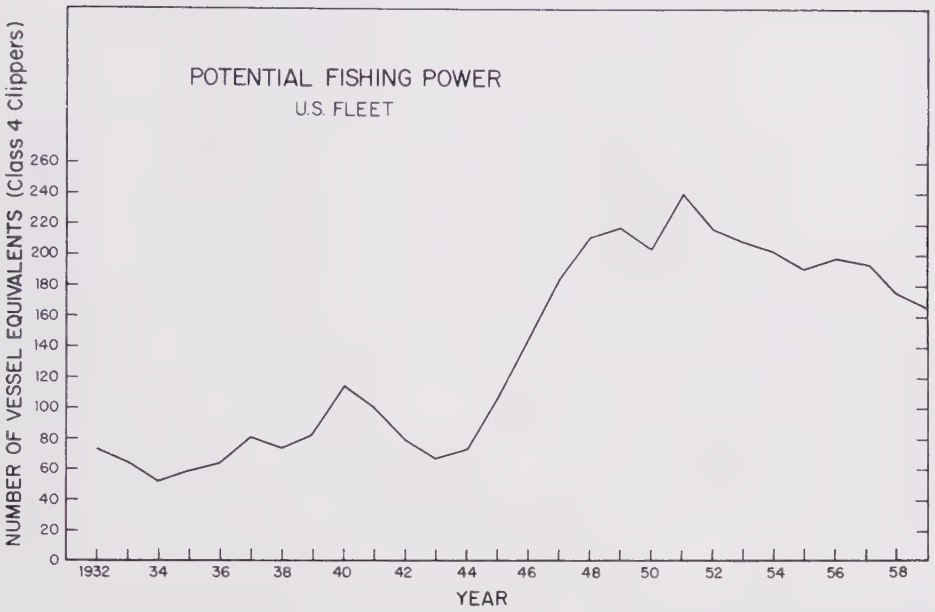


FIGURE 5. Potential fishing power of the tuna fleets based in U. S. ports (including Puerto Rico).

Continuing attrition of the fleet, without replacement by new vessels, suggests that there is little likelihood of an increase, during 1960, in fishing effort which would be sufficient to reach a level corresponding to the maximum equilibrium catch from the yellowfin tuna stocks.

4. Other studies of tuna catch statistics

The data recorded in the logbooks of tuna fishing vessels are also employed in studying geographical and temporal changes in the distribution of the fish stocks, the distribution of fishing effort in relation to the distribution of the fish, and some aspects of behavior of the tunas.

Quarterly charts

We compile and chart routinely the effort, catch, and catch-per-unit-effort by one-degree squares by quarters of the year from data from both clipper and seiner logbooks. These charts provide a continuing means of observing changes in distribution of the tunas, and in the distribution of fishing effort, which is basic for understanding the effects on the fishery of changes in oceanographic features. The data are also of importance for several lines of research on tuna biology and ecology discussed elsewhere in this report.

Since these charts are also useful to other scientists and to fishermen, we are in process of preparing them for publication through 1958.

Concentration index

As reported last year, we have underway a study of the degree to which the fishermen are able to concentrate their fishing effort on

areas of greater than average abundance of tunas, employing a "concentration index", the method of computation of which was described in the last annual report. This is calculated for individual quarters of each year, for both species of tropical tunas. This study is of value for investigating the fluctuations in the effectivness of the fishing operations, and also for examining into possible bias in the statistic of apparent abundance routinely employed, which does not take into account such variations. The study of the data for yellowfin tuna through 1956 was completed during 1958 and, as reported last year, led to the conclusion that the annual average concentration index is remarkably constant from year to year, and there is, thus, no appreciable bias from this source in the routinely-computed catch-per-day's-fishing, as an estimate of abundance. The index values for 1957 and 1958 have now also been computed, and show the same result.

We have also now computed the concentration index values for skipjack for each quarter for the years 1951 through 1958. These show somewhat wider variations than the values for yellowfin, but the mean annual values, again, are remarkably constant for most years. However, the values for the last two quarters of 1957, and for all four quarters of 1958, are well above the average, which is probably connected with the concentration of the fleet's effort in the regions of high skipjack abundance, particularly off Peru, which has developed during the period of warming of the Eastern Pacific commencing in late 1957. It is interesting to note that there appears to be little or no relationship between the variations in the concentration indices for the two species, although a more detailed analysis is required before reaching a firm conclusion in this regard.

Short-term fluctuations in fishing success

During 1959, there was initiated a detailed study to examine short-term changes in fishing success experienced by clippers fishing the Guayaquil and "14 fathom" areas off Peru. Our logbook records provided the necessary information to calculate, for both yellowfin and skipjack, the standardized catch-per-day's-fishing for each day during the period January 1, 1952 to June 30, 1959. Considerable variation in the daily values can be observed within each season, as well as substantial difference in the mean level of fishing success between seasons. Two occurrences of the "El Niño" phenomenon were reported for the period, the first, of short duration, during 1953, and the second extending from late 1957 through early 1959. These periods of warm water off Peru coincide with excellent fishing for skipjack in the "14 fathom" area and generally mediocre fishing success at Guayaquil. The "normal", or cold water, periods are characterized by zero catches in the south and above average fishing success at Guayaquil.

Within each season there are wide day-to-day fluctuations in fishing

success in both regions. Further, it appears that these may be cyclic in nature and not random in respect to time, particularly if the series for each season is examined separately. This study is being continued.

Numerous scatter diagrams, each for a one-month period, were made, plotting daily fishing success against total daily effort. For the two areas studied there is no observable correlation between number of vessels on the grounds and success of fishing for either yellowfin or skipjack tuna. It appears, therefore, that vessels do not "interfere" with each other, in these areas at least.

5. Research on tuna population structure, migrations, and vital statistics

Perhaps the most urgent problem facing the staff is the elucidation of the population structure and migration patterns of the tropical tunas. This, as pointed out earlier, is a prerequisite to analysis of the population dynamics of these species more refined than that based on the aggregate of all members of each species in the Eastern Pacific. It is also required as a basis of efficient fishing regulations at such time as they become necessary. Unfortunately, the population structure of these species seems to be remarkably complex, in consequence of which progress is slow, despite the devotion of a large share of our time and funds to various lines of research bearing on the problem, including morphometric studies (from which we have obtained as much information as appears possible, and which have therefore been terminated), tagging, analysis of size composition of the catch, and some preliminary studies on genetics.

The tagging studies and the analysis of size composition of catches also provide information on age, growth, mortality rates, and recruitment, which are needed in the detailed investigations of the population dynamics of these species.

Tuna tagging investigations

The most direct way of investigating the migrations of tunas of commercial sizes, and by this means arriving at an understanding of the time and space distributions of possible sub-populations, is by tagging and recovery of marked specimens. This also offers a means of direct measurement of rate of growth. From the temporal pattern of tag returns it is also possible to derive estimates of rate of attrition of the tagged fish, which may approximate the total mortality rate of tunas of commercial sizes.

Research on tuna tagging was initiated by the Commission in December 1955. During the first two years of the tagging program, primary effort was directed toward development of the most effective types of tags and tagging and recovery techniques. During 1958, an extensive, full-scale tagging and tag recovery program was conducted. This has been continued during 1959. During 1959, there were tagged

8,876 yellowfin tuna and 16,049 skipjack. The plastic loop tag described in the 1957 annual report was employed routinely.

Tuna tagging and recovery

In Table 4 are summarized the numbers of tags liberated, and the numbers recovered, through December 31, 1959, on cruises manned by personnel of our San Diego and San Pedro laboratories, and by personnel stationed in Peru and in Ecuador. Tagging from California during 1959 was done on six cruises aboard commercial fishing vessels in the course of their regular operations. For one cruise, Number 27, the "Mary Jo" was chartered by the Commission in order to liberate a large number of tags off Costa Rica and Panama where it had proven impossible to obtain adequate data from regular fishing trips, and information from which is of very great importance to the elucidation of the migrations of the tunas. Tagging from Peru is done throughout the year from vessels based at Paita and Mancora; likewise our personnel at Manta, Ecuador liberate tags from small vessels based at that port.

The numbers of recoveries from tagging during 1959 do not provide a good basis of estimating total recovery rates, because insufficient time has elapsed to produce complete returns. Recoveries from the tagging through 1958 provide fairly firm data, however, since the great majority of returns are made during the first year after release. Yellowfin recoveries from such tag liberations amount to 619 from 11,594 releases, or 5.3 per cent, while 654 skipjack recoveries have been made from 33,502 releases, or 2.0 per cent. Recoveries from yellowfin tagging from California amount to 5.2 per cent compared with 5.9 per cent for tagging from Peru. For skipjack, the recovery rates are 1.6 per cent for California tagging and 2.5 per cent for Peru. There is considerable variability from one cruise to another, however, and there also appear to be some differences in recovery rate depending on area of release. Recovery rates for skipjack are fairly uniform over the whole range of the fishery, but, for yellowfin, recovery rates are higher for liberations off Baja California and off Peru and Ecuador than for liberations off the coasts of southern Mexico and Central America. The lower recovery rate for skipjack, compared with yellowfin, is consistent with the lower rate of exploitation of that species inferred earlier from analysis of catch statistics. The reasons for the relatively low recovery rate of yellowfin liberated in the middle part of the range are not clear. It may be that the rate of exploitation is lower here, but it also may be that yellowfin suffer a higher handling mortality when captured in the warmer waters of this region.

In Table 5, there are presented the numbers tagged and the numbers recaptured, including all data through 1959. The areas of tagging are also shown in Figures 6 and 7. In these Figures the shaded portions indicate the localities of tag liberations, which have been grouped into eleven tagging areas, as indicated in Table 5. There are also shown in

TABLE 4. TUNA TAGGING AND RECOVERY TO DECEMBER 31, 1959

Cruise Number	Vessel	Date Voyage Ended	Area fished	Number tagged Yellowfin	Number tagged Skipjack	Number recovered Yellowfin	Number recovered Skipjack
FROM CALIFORNIA[1]							
Tagged during 1955-1958				8540	20107	441	329
25	Purse-seiners*	4-16-59	Lower Gulf of California	414	3	16	—
26	Alphecca	5- 5-59	14 fathom bank, Peru	78	1119	3	8
27	Mary Jo	4-24-59	Costa Rica, Gulf of Panama	6331	5992	14	126
28	United States	6-23-59	14 fathom bank and ridge, Peru	93	631	7	4
29	Carol Virginia	9-30-59	Baja California	179	1084	3	3
30	South Coast	10-24-59	Baja California	448	800	21	10
31	Alphecca	12-23-59	Galapagos Islands	415	326	4	—
			Total — 1959	7958	9955	68	151
FROM PAITA AND MANCORA, PERU							
Tagged during 1956-1958				3037	13250	178	325
Tagged during 1959							
1st Quarter			Peru-Ecuador	80	93	13	5
2nd Quarter			Peru-Ecuador	—	715	—	5
3rd Quarter			Peru-Ecuador	560	3255	38	59
4th Quarter			Peru-Ecuador	224	659	8	15
			Total — 1959	864	4722	60[2]	84
FROM MANTA, ECUADOR							
Tagged during Nov.-Dec. 1958				17	145	—	—
Tagged during 1959				54	1732	—	48
			GRAND TOTAL	20470	49911	747	937

* *Jo Ann, Western Fisher, Determined, Ronnie M. and Santa Helena*

[1] Not included are: 38 bigeye tuna, and 82 releases, species unknown, tagged during Cruise No. 31. Total tagged from California during 1955-1958 include: 382 dart-tagged yellowfin, 902 dart-tagged skipjack, 186 toggle-tagged yellowfin, 12 toggle-tagged skipjack; recoveries include 8 dart-tagged yellowfin and 4 dart-tagged skipjack.

[2] Yellowfin recoveries, Peru, 1959, include one of unknown time of recovery.

TABLE 5. AREAL DISTRIBUTION OF TAGGING AND RECOVERY FOR YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA, THROUGH DECEMBER 31, 1959.

AREAS OF TAGGING	YELLOWFIN TUNA				SKIPJACK TUNA			
	No. tagged	Total No. recovered	% rec.	No. of extra-area recoveries	No. tagged	Total No. recovered	% rec.	No. of extra-area recoveries
Baja California (off western side)	4302	349	8.1	5	13447	228	1.7	2
Gulf of California (In Gulf north of 20°N)	1149	45	3.9	5	391	13	3.3	1
Revilla Gigedo Islands	297	12	4.0	—	693	8	1.2	—
Southern Mexican coast (20°N to 15°N)	352	7	2.0	5	69	—	—	—
Guatemala-Nicaragua (15°N to 10°N)	935	2	0.2	—	425	5	1.2	—
Costa Rica-Panama (10°N to 5°N)	7887	15	0.2	8	6809	131	1.9	30
Galapagos Islands	529	7	1.3	1	751	5	0.7	1
Ecuador-Colombia (5°N to 2°S)	444	3	0.7	1	3905	79	2.0	26
Gulf of Guayaquil (2°S to 5°S)	2582	189	7.3	8	9644	202	2.1	15
14 Fathom Bank, Peru	1942	116	5.9	13	12718	250	1.9	14
Peru-Chile boundary	50	1	2.0	—	1059	10	0.9	—
Unknown	—	1	—	—	—	6	—	—
Totals	20470[1]	747	3.6	46	49911	937	1.9	89

[1] Total number of yellowfin tuna tagged includes one released near Clipperton Island.

the Table, in addition to total recaptures to date of tags liberated in each area, the number of "extra-area recoveries", that is the number of fish which have migrated out of the area of tagging and have been recaptured elsewhere.

During 1958 a number of plastic dart tags were employed on an experimental basis. Recovery rates from these are roughly the same as from plastic loop tags. Additional testing of this type of tag is planned during 1960, since, in some circumstances, it is more convenient to apply than the plastic loop tag.

Movements of tagged tunas

In Table 5 are shown the numbers of recoveries from tags liberated in each tagging area, and also the numbers which had moved out of the area of tagging prior to recapture. The directions of movement and localities of recapture of these "extra-area" recoveries are shown in Figures 6 and 7 for yellowfin and skipjack, respectively.

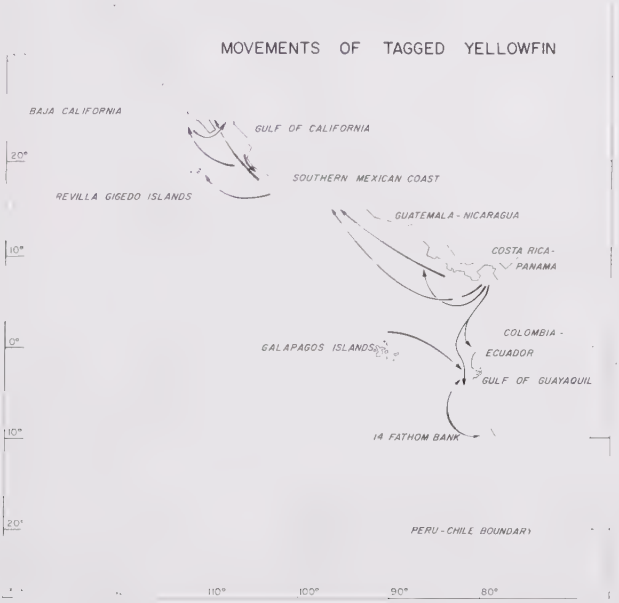


FIGURE 6. Chart showing tagging localities and inter-area migration of yellowfin tuna.

For yellowfin tuna it may be seen that there have been recorded migrations from the southern Mexican coast to the Gulf of California and to the banks off Baja California, and a single recovery was made in the Revilla Gigedo Islands. So far, however, we have seen little evidence of a return migration from Baja California to the southern areas, despite the liberation of many tagged specimens there. The recoveries from tagging off Peru and Ecuador indicate considerable intermingling, with migrations in both directions, from the Gulf of Guayaquil to the 14 fathom bank, but no recoveries from these taggings have been made in areas to

the north. A single fish tagged in the Galapagos Islands has been recovered from the fishery off the coast of northern South America. Tagged yellowfin liberated in the Gulf of Panama in the spring of 1959 have shown the most extensive movement. Of 15 recaptures, 8 have been from other areas. It may be seen from Figure 6 that these fish have migrated considerable distances both to the north and to the south.

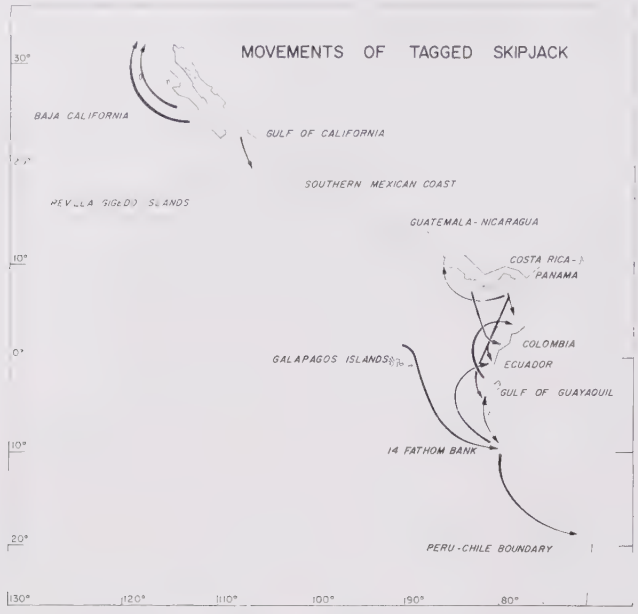


FIGURE 7. Chart showing tagging localities and inter-area migrations of skipjack tuna.

Skipjack tagged north of Central America have exhibited few migrations between tagging areas as defined in Table 5. Two specimens tagged off lower Baja California in the summer of 1958 were recovered near San Diego, far to the north during the summer of 1959, during an intrusion of very warm water off southern California. In the region between Colombia and Peru, there have been a considerable number of inter-area movements in both directions. The tagging off Panama in the spring of 1959 has resulted in a relatively large number of recoveries from areas to the south as far as northern Peru. As for yellowfin, the share of "extra-area" recoveries from this experiment is notably larger than from tag releases elsewhere.

In order to examine the general nature of the dispersion of tagged fish from their tagging localities, we have prepared Figure 8, on which the mean square distance of movement is plotted against time. The square of the distance is used because, if the movements were purely random, the mean square distance would increase linearly with time. It may be seen that, for both species, there is more involved than random movement. For yellowfin, the mean square distance increases up to about 180

days, then decreases, the root mean square distance (the scale on the right-hand side of each graph) reaching less than 200 miles. It is indicated that there is an annual cycle in the migration pattern, fish tending to return to the vicinity of their release after a year. The dispersion-migration pattern is similar for yellowfin north and south of 15°N latitude, as illustrated by the lower left-hand graph.

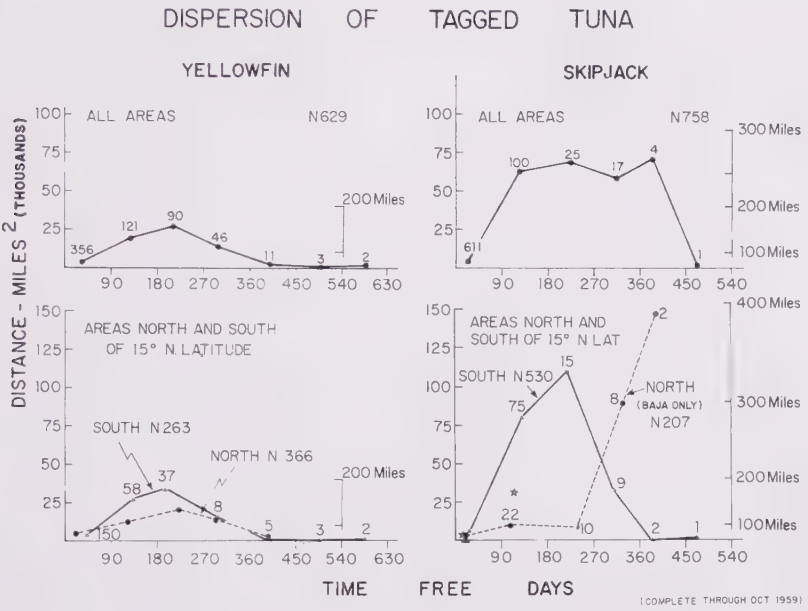


FIGURE 8. Dispersion of tagged tuna.

Skipjack exhibit a more complex picture. When all recoveries are combined (upper right-hand graph) the root mean square distance is seen to increase to a maximum of 260 miles after a few months, and then to stay nearly constant, except for the single short-distance recovery at over 450 days. When the date are separated, by area of tagging, into two groups, north and south of 15°N (lower right-hand graph), it may be seen that in the southern region, the dispersion-migration pattern exhibits an annual cycle; the root mean square distance reaches a value of something over 300 miles during the first half year, then decreases to a very small value after one year. Skipjack tagged north of 15°N, however, show little evidence of an annual migratory cycle. The root mean square distance is small up to about 270 days, then increases rapidly, as if the fish were moving completely out of the region of the fishery.

Obviously more data are required to provide full understanding of the migrations of these species. Particularly required are tag liberations in the area just north of the Gulf of Tehuantepec, which may be near a

sub-population boundary. We hope to accomplish this on a charter cruise this coming spring.

Growth

A direct method of measuring tuna growth is to observe the size increments of fish between tagging and recovery. Since, however, these species are very delicate, and speed of handling during tagging is an important prerequisite to their subsequent survival, we have not made precise length measurements at the time of tagging. The taggers simply estimate the fish length, usually to the nearest 5 centimeters. Upon recovery, precise length measurements are made. When the length increments thus arrived at are plotted against time (Figure 9) there is a wide scatter of points, due to imprecision of estimates of initial length and individual variations in growth rate. However, when the mean values for each 90-days of time at liberty are computed, and a regression line fitted, it is found to pass very near to the origin, indicating that the errors of estimation are compensatory. The regression of mean length increment on time, thus computed, for yellowfin tuna is 256 mm. per year. Most of the fish were 500-650 mm. in length at tagging, although a few were as large as 750 mm. The similar regression for skipjack leads to an estimated growth rate of 121 mm. per year, although this is probably not very precise due to lack of many recoveries beyond 6 months at liberty. Size at tagging, for skipjack, was nearly always between 400 and 550 mm.

Similar estimates of mean weight increment have also been computed. The weights at tagging were computed from the estimated lengths, and the weights at recovery were also estimated from the length measurement, except when the fish were weighed at recovery. The resulting estimated increments were 16.4 pounds per year for the (small) yellowfin tagged, and 6 pounds per year for the skipjack.

Mortality estimates

We have noted before that the tropical tunas are quite fast growing and shortlived species, the commercial fishery being supported by only a few age-classes. It is desirable to measure the rate at which the fish disappear from the fishery quantitatively, however. This can be done from the rate of attrition of age-classes in the commercial catch, estimated from the data of size composition and abundance (see page 64). It can also be estimated from the rate at which recoveries of tagged fish decline with time. In the latter case, the rate of decline includes not only "mortality", i.e. disappearance by death or capture, but also any shedding of tags, and also the effects of emigration of tagged fish from the area in which tags are liberated (i.e. the area of the commercial fishery) to other, unfished areas. The rate of attrition of the tagged fish thus provides a maximum estimate of rate of mortality.

For purposes of estimating attrition rate, one can only employ those tags which have been at liberty a length of time equal to or greater than

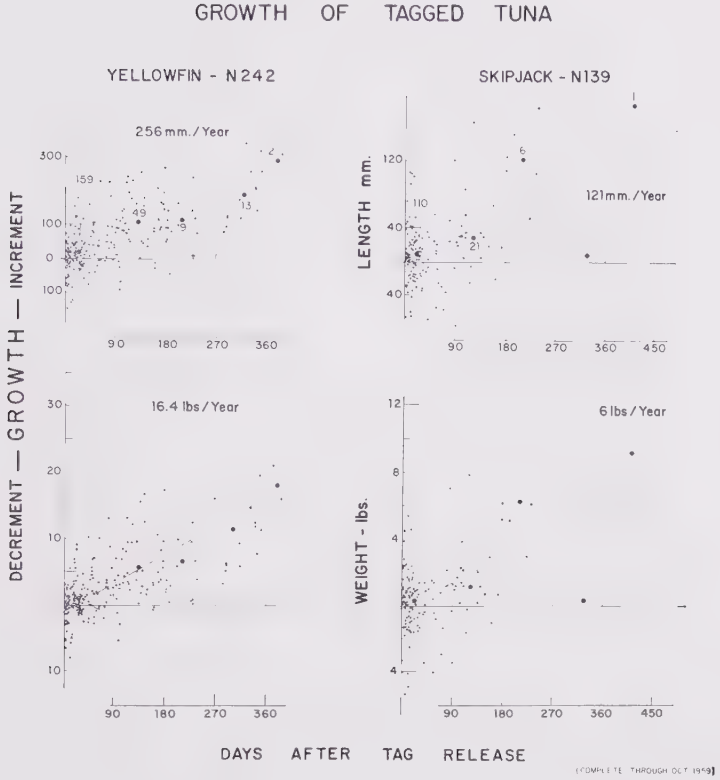


FIGURE 9. Growth of tagged tuna.

the time period over which the estimate is to be made. Thus, to compute rate of attrition during the first year and a half after tagging, all fish must have been at liberty for at least that length of time. Employing the tag recoveries through 1959 from liberations through December 31, 1957, we have arrived at annual attrition rates of 95.7 per cent for yellowfin and 98.2 per cent for skipjack. In each case, the numbers of recoveries plotted against time fall fairly close to the curve of exponential decrease, indicating that the attrition rate, for each species, is constant (at the fish sizes we are dealing with) during the first year and a half after tagging, at least.

Size composition of the commercial catch and related studies

Basic data on the size composition of the commercial catch are obtained by continuing, routine measurement of length-frequency samples of the landings of yellowfin and skipjack tuna at San Diego and San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and ports in northern Peru and Ecuador. For this purpose, the fishing regions of the Eastern Pacific have been divided into 14 sampling areas (Figure 10), and an adequate number of samples to describe the size composition of catches of tunas in each area is obtained, so far as possible, from each area for each

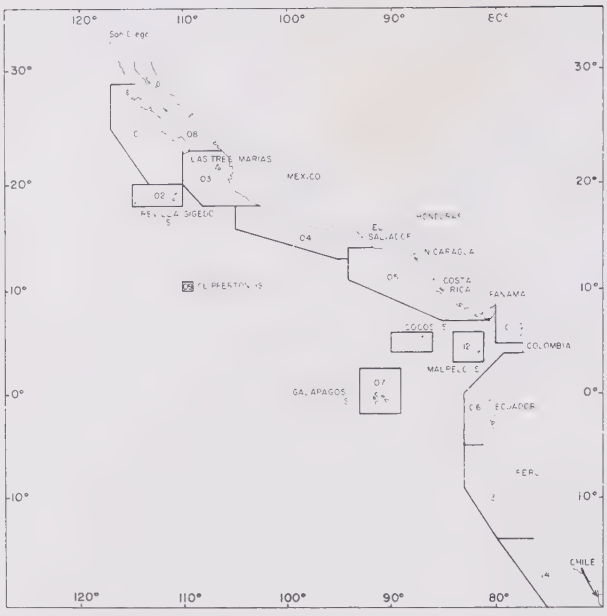


FIGURE 10. Sampling areas for size composition.

month. The resulting data provide the basis of estimating growth rates, relative abundance of year-classes, and mortality rates, and for studying population structure by comparison of size composition characteristics between areas. Analyses of the data have been, so far, primarily directed toward the yellowfin tuna, but some start has also been made on the skipjack.

Yellowfin tuna

It has been found, as noted in the 1958 Annual Report, that there is good correspondence in the occurence of modes in the size- frequency curves for the northern areas (01, 02, 03, and 04), indicating that the major component of the population, at least, is common to the whole region. The growth curve of this population, throughout most of its fishable life span, is illustrated by Figure 11. In this Figure are plotted the modal lengths, and corresponding calculated weights, of yellowfin tuna from Area 02, against month of capture, for the 1953, 1954, and 1955 year-classes, from the size of about 60 cm., when they are fully available to the fishery. Modal values at smaller sizes are omitted, because at these sizes there is evident size-selectivity of the fishery, so that the modal sizes are overestimated. A curve, following a formula due to von Bertalanffy, which has been found to describe growth of many fishes, has been fitted to the modal lengths in each case. Curves of growth in weight are also shown, these being derived by converting the length at a given time to weight by the length-weight relationship previously determined. The estimated age, in months, is based on the information from tuna spawning studies that the peak spawning period of this population

is in about August. Thus, the fish appearing in the catch in December at a modal size of about 60 cm. must be either 4, 16, or 28 months old. Sixteen months is the only reasonable choice, considering the subsequent form of the growth curve. It may be seen that there is some variability in growth rate of different year-classes. The inflection points of the growth curve in weight are indicated for each year-class. These are of interest because, according to the von Bertalanffy formula, the inflection point occurs at ⅓ of the average ultimate weight attained.

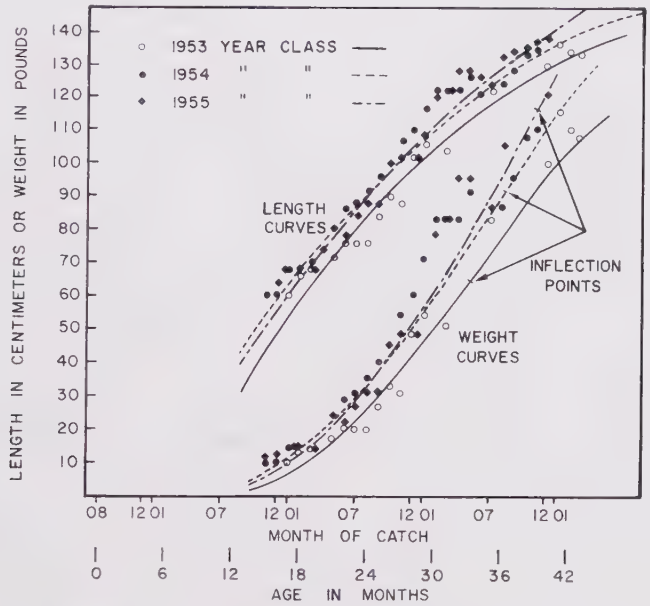


FIGURE 11. Growth curves for yellowfin tuna, Area 02.

It has also found that the size frequencies of yellowfin tuna in the southern areas (06, 07, 13, and 14) show good correspondence in their modes, there being, again, predominately a single series of successive year-classes, although, as in the northern areas, there do sporadically occur additional size groups. The catch of the central area (05), however, does not conform to this pattern. Here there appear to be two series of regularly occurring successive year-classes; that is, each year, two distinct parallel series of modal size groups are present in the catch, both representing year-classes entering the fishery at different times of the year, one becoming fairly well recruited in the winter and the other in the summer. This suggests the occurrence of fish originating from two spawning stocks, spawning at different times, although a single stock with a double annual spawning period is also possible. Further investigation of the patterns of occurrence of size groups in different areas, together with tagging results, should lead to fruitful hypotheses respecting the interrelationships of stocks of different areas.

Although there appear to be certain differences in the year-class structure of the populations of the northern, central, and southern regions, as noted above, the rates of growth of the yellowfin tunas in the three regions are quite similar. This may be demonstrated by tabulating the mean monthly growth rates, during the ensuing calendar year, of those year-classes in each of the three areas which occur in the fishery at a modal length of about 60 cm. in January; that is the growth rates of fish during the year following the age of approximately a year and a half. These growth rates were computed by fitting linear regressions to modal length against time, since, as may be seen from Figure 11, the growth in length is nearly linear over this period of the fish's life. It may be observed that the growth rates computed are significantly larger than the growth rates inferred from tagged tuna, although the tagged tuna, for the most part, were about the same size as those dealt with here. This may indicate that the tagging operation results in a subsequent decrease in growth. A similar phenomenon has been observed in other fish species.

TABLE 6. COMPARISON OF GROWTH RATES OF YELLOWFIN TUNA YEAR-CLASSES, 3 REGIONS OF THE EASTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN, BETWEEN APPROXIMATE AGES 18 MONTHS AND 30 MONTHS (IN CENTIMETERS PER MONTH).

Year of growth	Northern region	Central region	Southern region
1955	3.2	—	2.8
1956	4.1	—	3.8
1957	3.7	3.3	3.5
1958	3.1	3.9	3.4
Average	3.5	3.7	3.4

By combining the length-frequency data with catch-per-unit-of-effort indices of abundance, it is possible to compute the relative abundance of the various size groups for each sampling area. These computations are proceeding routinely as data become available, and will be used to estimate variations in year-class abundance. The decrease in abundance of a given year-class at successive time periods may also be employed to estimate total mortality rates. This has already been done for yellowfin tuna for the 1953, 1954, and 1955 year-classes in Areas 01 and 02. The rates of decrease of abundance lead to total annual mortality estimates of 89 per cent for Area 01 and 86 per cent for Area 02. It will be remembered that the attrition rate of tagged yellowfin was a good deal larger, being 95.7 per cent. The difference is doubtless attributable either to loss of tags or to emigration of tagged fish.

Skipjack

As mentioned above, primary attention has been given to the analysis of data on yellowfin tuna, because that is the species for which information is most urgently required. Some preliminary examination of the

growth rate of skipjack has, however, been made. Skipjack year-classes generally exist in the catch for a period of about 17 months or less. In Area 05, where the data have been examined in some detail, the fish enter the fishery at about 45 cm. and reach 60 cm. a year later. Thereafter the growth curve seems to flatten rapidly. The entering fish are judged to be one or two years of age, which implies a rather short life span. The rapid attrition of the skipjack in the fishery may, however, not be entirely due to mortality, but may be due to emigration of fish above a certain size to off-shore areas out of the range of the coastal fishery. More emphasis will be placed on skipjack studies as the yellowfin studies are completed.

Gear selectivity

Both baitboats and purse-seiners are employed in harvesting tunas in the Eastern Pacific. Because of the difference in their fishing methods, there exists the possibility of differing relative size selectivity. It is of some interest to determine whether or not this is true. We have, therefore, compared the size composition of catch of baitboats and purse-seiners operating in the same areas and during the same time periods.

The statistical comparison of the length-frequency data has included: comparing the estimated mean size of similar age groups, and comparing the relative proportions of age groups in the landings of baitboats and purse-seiners. The results indicate that, for both yellowfin and skipjack, there is no significant difference between gear in the mean size of age groups, except possibly within the older age groups. However, purse-seine vessels tend to catch a greater proportion of the older and larger yellowfin tuna, and, hence, on the average, land larger yellowfin tuna than baitboats. For skipjack, the relative proportions of successive size groups in the landings are quite similar for the two types of gear.

Length-weight relationships

A study of the length-weight relationships of yellowfin tuna and skipjack from different areas of the Eastern Pacific was completed and published during the year. A single regression of logarithm of weight on logarithm of length ($\log_{10} W = 3.020 \log_{10} L - 7.410$) was found to describe adequately the relationship for yellowfin from all areas. There is a greater variability between areas for skipjack, however. For some purposes, in converting from length to weight, it is desirable to employ regressions for individual areas. For many purposes, however, an average regression of logarithm of weight on logarithm of length for the entire Eastern Pacific is adequate, this average relationship being: $\log_{10} W = 3.265 \log_{10} L - 8.051$.

Changes in size composition reflected by cannery records

We have, during the year, collected, tabulated and analyzed additional data respecting size composition of catch, derived from cannery cooker reports. These reports list the numbers of fish processed according to several broad size categories, determined by the number of fish that can

be placed in a cooking basket of standard size. A rough estimate of the size composition of catch is obtained by tabulating the number of baskets of each size category processed each year, and computing the respective percentage of the total number of baskets processed. The San Diego and San Pedro canning companies have maintained complete annual records of the daily cooker reports for the past five to thirteen years. The reports, thus, provide data on size composition of catch for some years previous to the initiation of our market measurement program, and are therefore valuable in comparing, for the past years, the gross changes in the size composition of catch coincidental with changes in apparent abundance, fishing intensity and expansion of the fishery.

Results of the study show that the mean size of yellowfin tuna has changed in response to changes in fishing effort, whereas variations in mean size of skipjack have occurred independently of variations in fishing intensity. These results confirm other studies which have indicated that the fishery for skipjack is of such low intensity as to produce no measurable effects on the fish population, whereas the fishery for yellowfin has marked effects on the yellowfin stocks.

Tuna genetics

Since some kinds of antigens in fish blood are genetically determined, blood of tunas may be useful for investigation of population structure. In cooperation with the U. S. Bureau of Commercial Fisheries a preliminary investigation into the serology of tuna blood was initiated in 1958.

A number of sera have been prepared by immunizing chickens and sheep with tuna blood obtained from various parts of the Pacific Ocean, but have not yet been extensively tested.

A method, which, as far as we know, has not yet been used as a tool in studying fish populations, has been tested by us on the blood of bonito *(Sarda chiliensis)*. This method, instead of employing reagents made from natural or immune sera, is based on the use of phyto-hemagglutinins. These phyto-agglutinins, which are much easier to prepare than reagents from blood sera, are used in almost the same way as sera-reagents, in which positive reactions manifest themselves by clumping of red blood cells.

Phyto-hemagglutinins will be tried during 1960 to compare blood of tunas from the various parts of the Pacific Ocean.

6. Other aspects of tuna biology and behavior

Several lines of research into the biology and behavior of tunas, in addition to those described above, have been continued during 1959.

Food of tunas

In order to obtain a more complete sampling of some areas of the fishery, food habit studies of both species were continued during 1959.

The samples obtained were nearly all from cannery cutting lines, as this has proven to be the most adequate source of material. Fish caught by both purse-seiners and baitboats were sampled.

Table 7A lists the predominant food categories found in yellowfin and skipjack stomachs; these are (1) crustacea, (2) fish, and (3) cephalopods (squid and octopus). Crustacea and fish are the most important categories for both species, cephalopods being only of minor importance. The stomach contents of 2,363 yellowfin indicates that their food consists, by volume, of 44.8 per cent fish, 46.2 per cent crustacea, and 8.8 per cent cephalopods. Of the stomach examined 23.1 per cent were empty. Skipjack stomach contents, from 1,351 fish, reveals that their food consists, by volume, of 62.4 per cent crustacea, 33.4 per cent fish, and 4.0 per cent cephalopods. Fifty per cent of the stomachs were empty.

TABLE 7

A. Relative importance, by volume, of fish, crustacea and cephalopods as tuna food.

	Yellowfin	Skipjack
Fish	44.8	33.4
Crustacea	46.2	62.4
Cephalopods	8.8	4.0
Other	0.2	

B. Relative importance, by volume, of the major individual components of tuna food. (Total volumes examined for yellowfin 160,140.1 ml., and for skipjack 29,487.4 ml.).

Euphausiids	—	57.6
Pleuroncodes (red crab)	36.3	3.8
Vinciguerria lucetia	1.6	11.5
Portunidae	8.2	—
Cephalopods (squid)	8.1	3.4
Trichiuridae	0.1	5.9
Lactoria diaphanus (trunk fish)	5.8	—
Tetraodontidae	5.8	—
Myctophidae (lantern fish)	0.6	5.3
Exocoetidae (flying fish)	4.1	4.7
Euthynnus lineatus	4.0	—
Auxis	3.9	—
Neothunnus macropterus	1.9	—
Miscellaneous	19.6	7.9

Yellowfin tuna seem to eat anything alive in the sea small enough to be ingested, and, in addition, some inanimate objects, which, tossing on the surface, may appear to the tuna to be alive. Small crab and megalops, not more than ¼ inch across, portunid crabs, shrimp, munid crabs, pecten, puffers, trigger fish, larval angler fish, snipe eels, flying fish, sea horses, pipe fish, lantern fish, dolphin, squid, octopods, and even small yellowfin tuna are all encompassed in the rather catholic diet of this species. We have also found feathers, bits of wood, sessile barnacles, kelp, and even a terrestrial insect among their stomach contents. Representatives of 38 families of fishes and all the major crustacean orders, along with squid and octopus have been found.

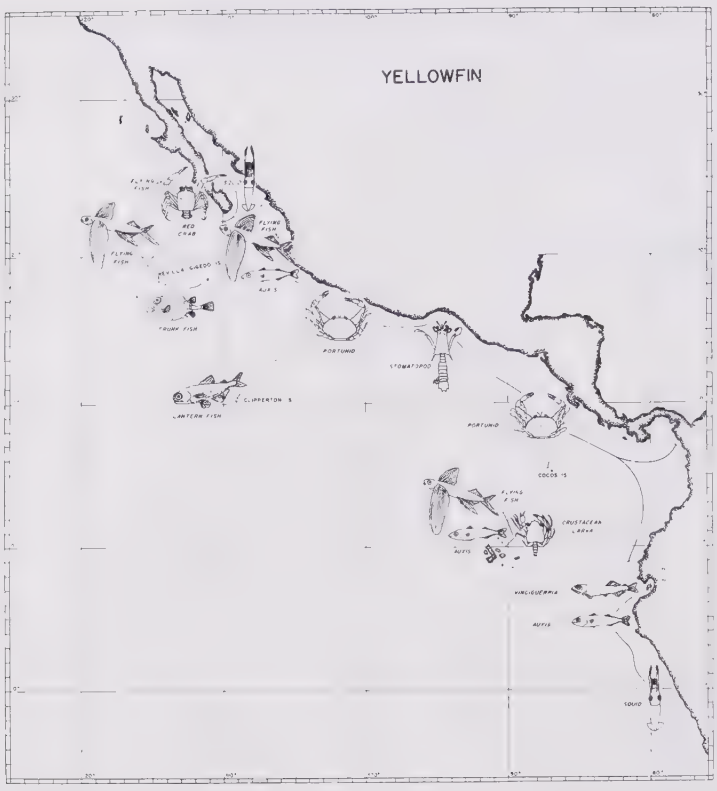


FIGURE 12. Dominant elements in the diet of yellowfin tuna in different areas of the Eastern Pacific.

In Table 7B are listed the more important food items found in the stomachs of yellowfin and skipjack. For both species, a crustacean is the single most important item found, but it is a quite large red crab for the yellowfin, and a tiny shrimp-like euphausiid for the skipjack. No other item, for either species, contributes as much as 10 per cent of the total food volume. For yellowfin, other important food items, in descending order of importance, are Portunidae, squid, *Lactoria diaphanus,* Tetraodontidae, Exocoetidae, *Euthynnus lineatus,* and *Auxis.* Other important items in the diet of the skipjack are, in descending order of importance, *Vinciguerria lucetia,* Trichiuridae, Myctophidae, Exocoetidae, and *Pleuroncodes.* Representatives of 14 families of fishes, all the major crustacean orders, and cephalopods have been found in the stomachs of skipjack caught in the Eastern Pacific.

Different food items predominate in different areas through the Eastern Pacific for both species of tunas (Figures 12 and 13). The predominance of different food items in specific localities probably does not reflect any change, or preference, in the tunas' feeding habits, but rather the distribution and abundance of the forage animals themselves. For instance, "red crabs" are rarely taken abundantly in plankton net hauls

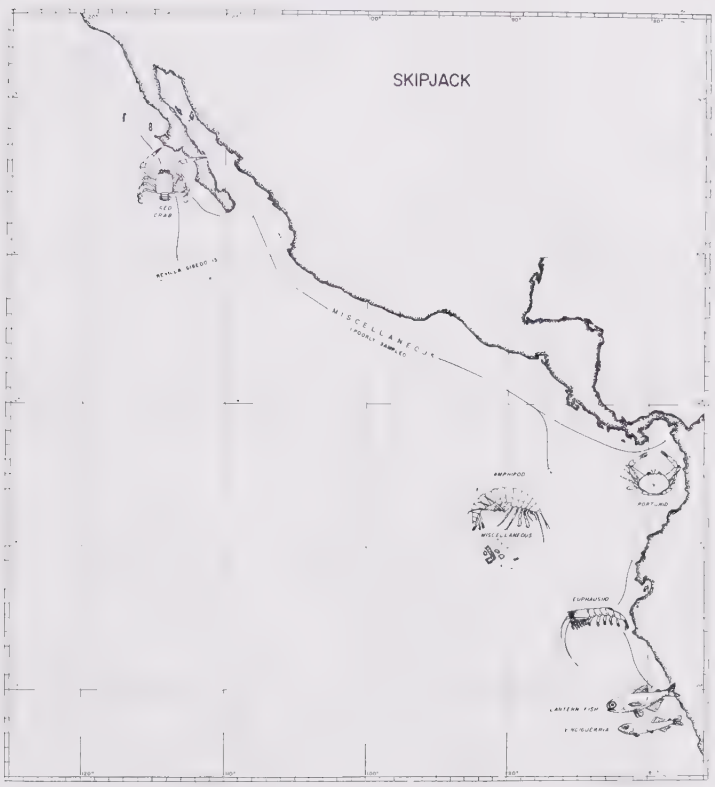


FIGURE 13. Dominant elements in the diet of skipjack in different areas of the Eastern Pacific.

south of a line drawn from the Revilla Gigedo Islands to Cape Corrientes, Mexico, and thus could hardly be expected to be an important forage item south of this boundary. Likewise, Portunid crabs are found only occasionally north of this boundary, so that these two species simply replace each other in the respective zones where they are dominant food items.

Evidence of spawning from gonad examination

Inferences as to times and areas of tuna spawning may be made from examination of ovaries of adult females, on the assumption that the occurrence of ovaries in advanced stages of maturity, or recently spent, are indicative of spawning near the locality of their capture and at a time near that of their occurrence. Ovaries of female tuna from the commercial landings have been examined during recent years, and we have now completed examination of specimens from nearly all areas of the Tropical Eastern Pacific at all seasons of the year. The results of this study are, as noted later, confirmed in general by the occurrences of larval and juvenile tunas, thus validating the above stated assumption.

The methodology and results of the study are now in process of preparation for publication in a technical paper. The main conclusions may be stated briefly as follows:

Yellowfin tuna

This species spawns over a wide area of the Eastern Tropical Pacific, in the region of the commercial tuna fishery, between about 20°N and 2°S. There is probably some spawning as far north as 25°N in the third quarter of the year, and in the region of the Gulf of Guayaquil (4°S) during the first quarter.

The region off the coast of southern Mexico appears to be a major spawning area, in which some spawning may occur throughout much of the year, although the greatest evidence of females with gonads in advanced stages of maturity, and hence the main spawning season, is during the second and third quarters.

In the region adjacent to the coast of Costa Rica and Panama, the incidence of advanced ovaries indicates spawning throughout the year, with the greatest amount during the first quarter.

In the Revilla Gigedo Islands advanced ovaries indicative of spawning occur mainly in the second and third quarters, the peak incidence being in about August.

There is some evidence of spawning in the vicinity of the Galapagos Islands during the first and third quarters of the year.

Skipjack

There is little evidence of spawning in any of the fishing areas anywhere along the mainland coast, whereas advanced gonads are encountered in the vicinity of the offshore islands—Revilla Gigedos, Cocos, and possibly Galapagos and Clipperton Islands. It appears that this species spawns primarily well offshore, in contrast to yellowfin tuna which spawns both offshore and near to the coast, with the latter perhaps dominating.

Estimated minimum size at first spawning varies, for both species, between areas. Yellowfin off Central America mature at a considerably smaller minimum size than in the Revilla Gigedo Islands area. Similarly, skipjack in the vicinity of Cocos Island are encountered in advanced stages of maturity at smaller sizes than in the Revilla Gigedos. These differences in size at first maturity may represent significant population differences.

Fecundity of tunas

During 1958 and 1959, studies have been made of ovaries of tunas in advanced stages of maturity to determine the number of eggs present in the maturing group of ova. Forty-four yellowfin tuna of a considerable range of sizes have been examined. The number of eggs increased rapidly with increased fish size. The approximate average number of eggs spawned by females of various lengths are: 80 cm.—1 million; 100 cm.—2.2 million; 120 cm.—3.8 million; 140 cm. 5.5 million; however, there is a wide range of variation from individual to individual. Preliminary examination of the resulting data also indicates that the fecundity varies between areas for the same size of fish.

No skipjack ovaries suitable for this study were encountered until November, when 14 females in advanced stages of maturity were obtained from the mouth of the Gulf of California. These samples have not yet been processed.

Larval and juvenile stages

From our tagging experiments it is evident that yellowfin and skipjack are capable of moving distances exceeding 100 miles in only a few days. Therefore, capture of a fish with mature gonads does not necessarily indicate that this fish will spawn in the area of capture. On the other hand, presence of very young stages of tunas provides direct evidence of recent spawning in the vicinity, provided that the passive displacement of eggs and larvae by ocean currents is not extensive. It is believed that within the Eastern Tropical Pacific, at least, such passive displacement is negligible. Therefore, collections of larval and juvenile tunas in the area of our investigation contribute importantly to the delineation of areas and seasons of spawning.

During 1959 numerous additional collections of larval and juvenile tunas from the Eastern Pacific Ocean were examined and identified. This material originated from catches made in plankton hauls and dip nets aboard research vessels and commercial fishing vessels, the most important part of the material originating from the following cruises: (1) "Scot" Expedition in waters between California and Panama in the spring of 1958, (2) the TO 58-02 Cruise of the Tuna Oceanography Group of the Scripps Institution in waters between California and the Gulf of Tehuantepec in the early winter of 1958, (3) the TO 59-01 Cruise of this Group in waters between California and the Costa Rica Dome in mid-winter of 1959, (4) the TO 59-02 Cruise of this Group in waters between California and the Gulf of Tehuantepec in late summer of 1959, and (5) the Costa Rica Dome Cruise in waters of the Costa Rica Dome as well as in the vicinity of Cocos Island. The material from cruises (4) and (5) has not yet been completely sorted.

Since November 1958, a study of the spawning activity of tunas in the vicinity of Cape Blanco, Costa Rica has been carried out by personnel of our Puntarenas laboratory. Collecting is done for a few days each month from a local vessel at a distance of 5 to 20 miles off Cape Blanco. The following table shows monthly catches (expressed in numbers of individuals of the different tunas) made in plankton hauls and by dip nets during these trips:

	1958: XI	XII	1959: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XI
Yellowfin tuna	1	5	0	28	42	28	5	10	0	0	15	6
Black skipjack	5	0	51	9	19	250	13	2	0	6	18	5
Frigate mackerel	16	24	117	82	210	264	210	67	171	3	17	7

No figures are given in the above table for October and December 1959 because collections were made impossible by boat failures.

Information obtained from these various collections, together with

those of previous years, provides us with the background for formation of a picture of tuna spawning activities within some parts of the Eastern Pacific Ocean. The fact that this, independently of the gonad studies, provides a picture which, on the whole, agrees with the results of the gonad studies is of importance.

Yellowfin

Spawning occurs in coastal waters from off Baja California south to about 2°S, off Ecuador, as well as offshore in the general vicinity of such outlying islands as Revilla Gigedo Islands, Clipperton and Cocos Islands, and also in other parts of the high seas north of the Equator. This can be seen from Figure 14 which shows the location of capture of larval and juvenile yellowfin tuna.

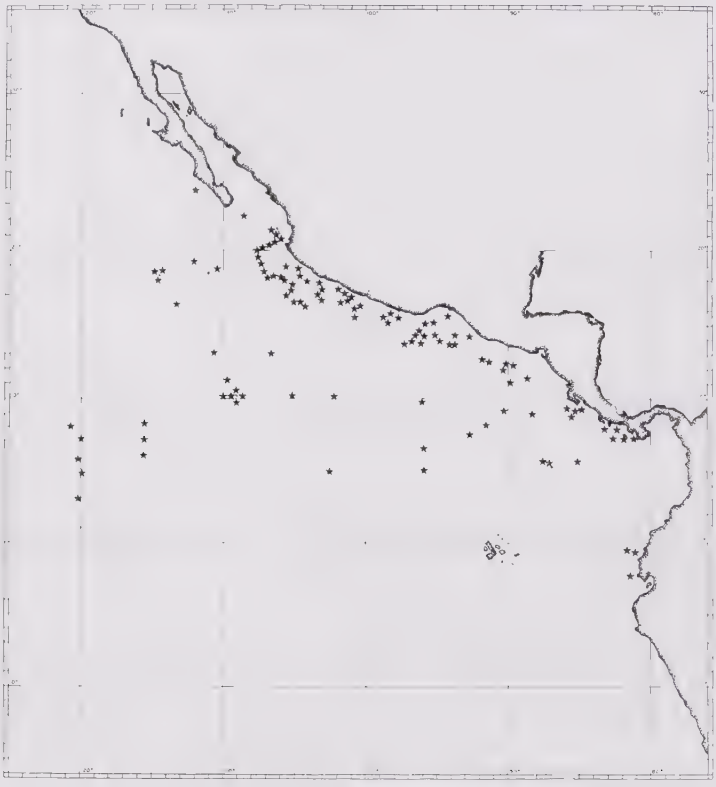


FIGURE 14. Locations of capture of larvae and juveniles of yellowfin tuna in the Eastern Pacific.

The following inferences on the spawning of yellowfin in the Eastern Tropical Pacific have been drawn from the seasons of capture of these young forms:

Area off Mexico from Baja California south: Limited or sporadic spawning in late summer off southern Baja California. From Tres Marias Islands south to the Gulf of Tehuantepec, spawning in winter and summer.

Near-shore area off Central America: Main spawning in winter, mostly in the months of February to April, with some activity throughout the year, with the possible exception of the mid-summer months. It is to be noted that so far we do not have any evidence of spawning in the general region of the Gulf of Panama. This may be because of inadequate sampling or because this is not a spawning area for the yellowfin tuna.

Area off Ecuador: Spawning in southern fall.

Vicinity of Revilla Gigedo Islands: Spawning in summer.

Offshore area in the vicinity of Clipperton and Coco Islands: Spawning in the spring, and around Cocos also in early winter. Because sampling has been sporadic in these areas, some spawning may occur at other times of the year.

Skipjack

The scarcity of young forms of skipjack suggests that the waters of the Eastern Pacific Ocean, particularly near the mainland, are not important as a spawning place for this species. From Figure 15 it is evident that the young of this species have been collected only in a few localities within our area of investigation.

FIGURE 15. Localities of capture of larvae and juveniles of skipjack in the Eastern Pacific.

Commercially unimportant species

As the task of identifying young tuna involves differentiating them from other tunas, all tuna larvae, regardless of their commercial importance, must be handled in the process of sorting and final identification. Therefore, our studies of larval and juvenile tunas encompass the black skipjack and the frigate mackerel. This is, of course, not without value, as some problems of their early life history are common to the yellowfin and skipjack.

Information obtained in the past two years does not appreciably alter the facts pertaining to spawning of these two commercially unimportant tunas presented in the Annual Report for 1957.

Studies of young forms from other areas

Examination of collections of young tunas from other parts of the world, submitted to us for study, is done incidentally to our studies in the Eastern Pacific. This is of value to our investigations, since the ecology of young tunas from other seas has features in common with those of the Eastern Tropical Pacific Ocean, and since the solution of problems of species identification in our area can often be advanced by the examination of such material. During 1959, we have identified a number of young tunas from the Atlantic Ocean. Our findings on one of the collections have been published in the *Bulletin* of *Marine Science of the Gulf and Caribbean* under the title "Young Scombroid Fishes from the Gulf of Mexico".

Schooling habits

Studies of the schooling habits of yellowfin and skipjack tuna, by species and by size, were continued during 1959, employing observations obtained during tagging cruises on clippers and purse-seine vessels, as well as data from the logbooks of seiners. The data have been analyzed, and a manuscript is in preparation for publication in our *Bulletin* series. The analysis of the purse-seine logbook data, and the observations made by our personnel aboard both clippers and seiners, have revealed that approximately 90 per cent of the catches of purse-seiners and 65 per cent of the catches of baitboats are, on the average, made from schools composed of only a single species. There is considerable variation in the composition of schools from area to area, but average values for the Eastern Tropical Pacific region as a whole are quite uniform from year to year.

The high percentage of pure yellowfin schools encountered by the purse-seine fleet appears to be the result of the temporal and spatial distribution of each species, and the distribution of fishing operations, rather than local selectivity by purse-seine vessels for yellowfin schools.

The percentage of yellowfin tuna in the total tonnage caught by clippers from schools of mixed composition is plotted in Figure 16 against

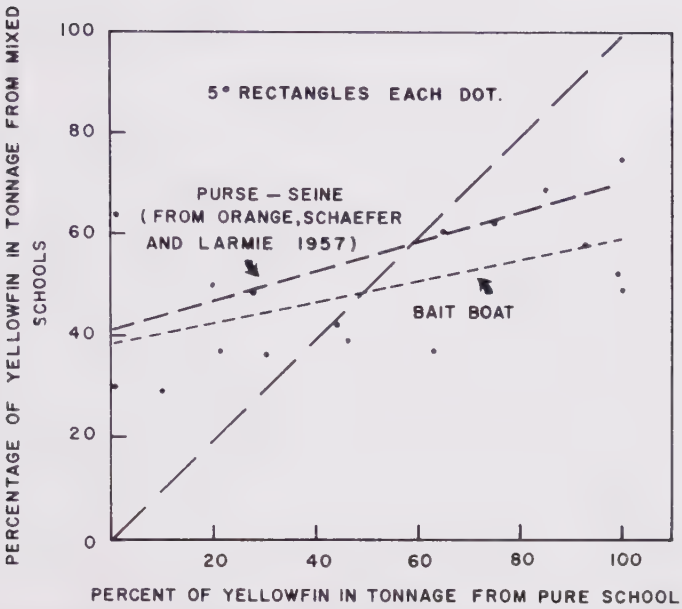


FIGURE 16. Relationship between percentage of yellowfin tuna captured from single-species schools and percentage of yellowfin tuna captured from mixed-species schools.

the percentage of yellowfin tuna in the total tonnage caught from pure schools of both species, for each 5-degree statistical area fished by the clippers during 1956-1958, together with the regression line fitting the individual points. For comparative purposes, we have also included in the same Figure the regression line derived by Orange, Schaefer, and Larmie, *(Bulletin, Vol. II, No. 3)*, for similar data from purse-seiners. For both types of gear, as the yellowfin tuna become more abundant in the catches from pure schools, the share of yellowfin in the catch from schools of mixed composition increases, but not proportionately. The regressions are remarkably similar both for the clipper data and the previously examined purse-seine data.

Pure yellowfin tuna schools fished by the clipper fleet were found to yield, on the average, larger yellowfin than the schools containing both yellowfin and skipjack. There appears to be no measurable difference in the average size of skipjack found in pure schools and those of mixed species composition.

7. Investigations of physical, chemical and biological oceanography and tuna ecology

The tunas, which are completely pelagic at all stages of life, are profoundly influenced by the physical, chemical and biological properties of the upper layers of the sea in which they live. Understanding of geographical and temporal variations in their distribution and abundance, of their life histories, and of their behavior thus involves knowledge of the circulation of the ocean and of its various properties and processes.

Research toward understanding of the oceanography of the Eastern Pacific Ocean and the relation thereto of the tropical tuna is, therefore, an important part of the Commission's program.

The region of the sea inhabited by the tuna populations under study by the Commission is very large, extending from California to Chile and offshore for several hundred miles, an area of nearly a million square miles. Furthermore, the waters of this region are affected by what happens in the waters of other regions, since the ocean is a continuous single entity, and by what happens in the atmosphere above. Successful study of the oceanography of the Eastern Pacific therefore involves problems of very large scope. For this reason, the staff of the Commission conducts much of its work in cooperation with other oceanographers and research agencies studying both our region of the sea and other regions. Fortunately, knowledge of the ocean is important not only for fisheries, but for many other purposes, such as weather forecasting, shipping, and military operations, in consequence of which the effort being directed to oceanographic problems important to the tuna fishery is very much greater than could be supported by our agency alone.

During the past year, the staff of the Commission has engaged in study of a number of different problems related to various features of the Eastern Tropical Pacific:

Research cruises

Costa Rica Dome Cruise

During the early part of the year a detailed study of the thermal dome off Costa Rica was undertaken. The term "thermal dome", refers to the very pronounced shoaling of the thermocline which, at times, even penetrates the sea surface. Two sections of hydrographic stations and one line of GEK surface-current observations across the dome, obtained on the "Eastropic" Expedition, constituted the basic data available for the study. An unsuccessful attempt was made to develop a theoretical model for this quasi-permanent phenomenon at the eastern extremity of the boundary between the Equatorial Countercurrent and North Equatorial Current. In the course of this work, it became clear that the available data were completely inadequate for a proper description of the dome. The Costa Rica Dome Cruise was planned largely for the purpose of filling this gap in our knowledge of an important fishing area.

The cruise, which was made aboard the Scripps Institution of Oceanography Research Vessel SPENCER F. BAIRD, lasted from 6 November to 14 December. During the period 14 November through 1 December an intensive hydrographic, chemical and biological survey of the Dome was carried out, interrupted only by a two-day stop at Puntarenas, Costa Rica. During this survey 49 hydrographic stations, four current-measurement stations (using a Roberts Current Meter, with a

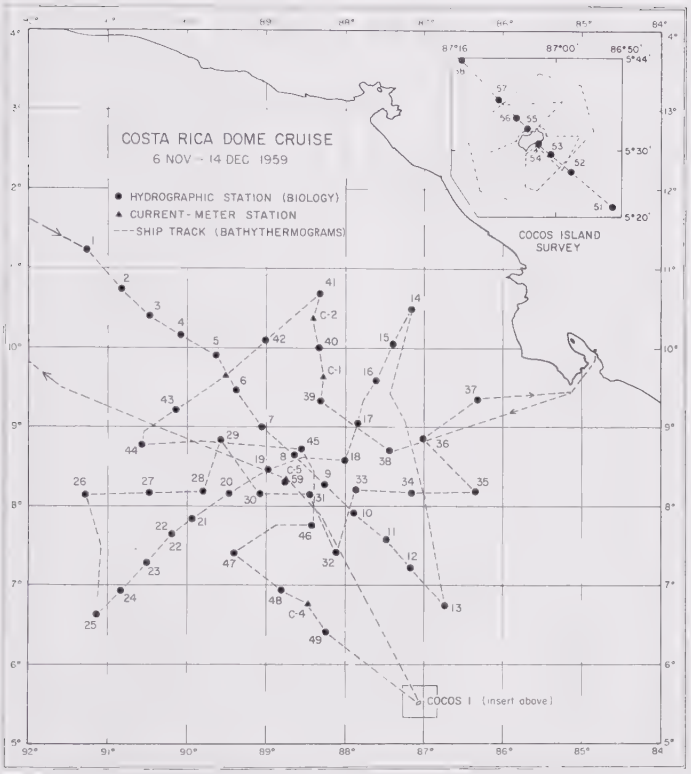


FIGURE 17. Track chart and station positions of Costa Rica Dome Cruise.

1000-meter drogue as a reference point), 235 bathythermograph lowerings, and fourteen biological stations were made. Figure 17 shows the positions of the hydrographic and current stations, as well as the ship's track, along which bathythermograms were obtained at approximately hourly intervals.

The following four days were spent in a survey around Cocos Island, covering an area around the island extending from ten miles offshore to within a few hundred yards of the shore. The survey consisted of surface-current measurements, eight hydrographic and four biological stations, bathythermograph lowerings and surface water samples. These observations were made as a basis of examining the effects of an island, in an appreciable current, on the surrounding ocean, to further our insight into the problem of why tunas are more abundant near islands and seamounts.

While recrossing the dome on the return trip, another hydrographic, current-meter, and biological station was made. En route to and from the working area, underway observations were made consisting of: bathythermograph lowerings, high-speed net tows, surface water samples, and soundings with the Precision Depth Recorder.

A major problem faced on this cruise was the precise location of the center of the Dome. Unless this information could be obtained at an early

stage of the work, the survey of the Dome might well be incomplete. The successful solution of this problem can be attributed largely to the excellent performance of a new shipborne salinometer, which furnished salinity data within four hours after completion of a hydrographic station. By means of the salinity and temperature values, it was possible to compute dynamic heights which clearly delineated the Dome and permitted the adjustment of the subsequent tracks.

In view of the mid-December return date of the cruise, none of the data have been analyzed in detail at this time. Only a few quantitative remarks can be made on the basis of data processed aboard ship. The shape of the Dome is less circular and less symmetrical in a north-south direction than previously realized. In fact, the northern boundary of the Equatorial Countercurrent appears to curve sharply to the northeast in this area. There was some indication that the Dome slowly but continuously shifts its position or changes its shape. The survey around Cocos Island, in the presence of a steady south-easterly set, suggested slight differences in water structure between the upstream and downstream sides of the island. Whether these are more pronounced than those found at Clarion Island during the Island Current Survey still remains to be seen.

Cruises of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru

The staff of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru is engaged in making periodic cruises, three or four times a year, in the Peru Current to a distance of about 150 to 200 miles offshore. Physical and chemical data from these cruises are being studied by oceanographers of the Scripps Institution of Oceanography and some of the biological data (plankton volumes and indicator organisms) are being studied by Commission staff members. These data are expected to give an improved insight into the nature of the Peru Current and its variations.

Cruises of the Scripps Tuna Oceanography Research Project

The Scripps Institution of Oceanography, under contract with the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, is supporting studies of the oceanography of the Tropical Eastern Pacific as a basis of forecasting times and areas of tuna abundance. Two cruises were made during the year: one in January and February as far south as Costa Rica, in which two of our staff members participated, and another, in August and September to the Gulf of Tehuantepec, manned entirely by Scripps personnel. Physical and chemical data are being processed by Scripps staff members, but some of the biological data are being processed and analyzed by our staff.

Isentropic analysis of "Eastropic" data

A major project during the past year, which is now nearing completion, has been the description of the general sub-surface circulation of the

Eastern Tropical Pacific Ocean by means of isentropic charts based primarily on data collected during "Eastropic" Expedition. The area covered by these charts extends from 34°N to 14°S and from the coast of the Americas to 141°W.

Isentropic charts depict the distribution of various oceanographic parameters, such as salinity, dissolved oxygen, streamlines, etc., on surfaces of constant density. As it has been shown on theoretical grounds that horizontal sub-surface flow follows surfaces of constant density, this method of presenting and analyzing the data should give a truer presentation of circulation patterns than that obtained from distribution charts at constant depths. The only disadvantage of isentropic analysis, and probably the main reason it has found limited application in oceanography and meteorology, is the far more time-consuming computation involved in its use.

At first it was planned to utilize every available hydrographic station in our region of interest in preparing the isentropic charts, thereby combining data from all seasons and many different years. However, after the expenditure of considerable time and effort in processing the data and contouring a number of charts, it became quite apparent that it was not feasible to combine data from different seasons in these latitudes. The pronounced north-south shifting of the dominant equatorial current system precludes the achievement of a coherent pattern in the various isopleths plotted. Consequently, it was decided to limit the analysis to data from one season only. Since "Eastropic" Expedition, consisting of two Scripps and one P.O.F.I. ships, constituted the largest single source of hydrographic stations from this area, fall was the period selected. Additional data were available from the "Dana", "Carnegie", and Scripps "Scope" cruises for a total of 275 stations.

From these more limited, but now far more consistent data, sets of charts were prepared for the sea surface and for the isentropic surfaces of 500, 400, 300, 200, 150, 125, and 100 centiliters per ton. Each set consisted of charts of salinity, dissolved oxygen, depth, and geostrophic potential for each surface, with the exception of the sea surface on which thermostatic anomaly replaced depth, and of the deepest isentropic surfaces on which the geostrophic potential was too nearly constant for meaningful contouring. The geostrophic potential function used here is a slight modification of the function derived by Montgomery in 1937. The computations were referred to a presumably level surface at 1000 meters.

Because of the numerous large gaps in the geographical distribution of hydrographic stations, contouring of all the charts required a considerable amount of subjective interpretation of the data. Although the final adjustments of the various isopleths is not yet complete, it is apparent that the currents in this region tend to branch off into numerous large and rather sluggish eddies, resulting in a complex pattern of streamlines.

The charts and analyses are expected to be completed and ready for publication early in 1960.

Island Current Survey

The survey around Clarion Island and Shimada Bank was discussed at some length in the 1958 Report. This material was re-examined in greater detail. It was found that some of the data could be interpreted differently without violating any observations. Furthermore, records of a number of additional drogue measurements around Clarion Island were utilized.

The horizontal flow in a large counter-clockwise eddy was perturbed by Clarion Island so that smaller eddies formed on the downstream side. Over the island slope vertical motion (mixing) was indicated by the distribution of salinity, dissolved oxygen, and nitrite, but not by temperature. The inorganic phosphate content of equivalent water columns was higher within five miles of the island than at distances ten to sixty miles offshore.

The deduced geostrophic circulation, the horizontal distribution of sea surface temperature, and the vertical distributions of salinity, dissolved oxygen, nitrite, and inorganic phosphate all suggested the existence of a counter-clockwise eddy over Shimada Bank.

A manuscript was completed, incorporating the analyses of both the physical and biological data, for publication in our *Bulletin* series.

Since there was no mean current around Clarion Island at the time of this survey, the existence of an "island effect" remained unconfirmed. It was, therefore, decided to re-examine this problem around Cocos Island during the Costa Rica Dome Cruise reported above. In the meantime a theoretical study of the "island effect" on a steady current was started. Equations were set up which include a variable Coriolis parameter. However, no solution to the equations has yet been found.

Oxygen-phosphate relationship

A number of "Eastropic" station curves were examined with a view toward finding a relationship between dissolved and inorganic phosphate that would form the basis for combining these two types of observations into one parameter. It was found that an empirically determined "excess" of dissolved oxygen and a corresponding "deficiency" of inorganic phosphate were in a fairly constant ratio, similar to that found by Redfield and others in studies of the photosynthetic activity of phytoplankton.

Since there was no basis for disbelief of Redfield's values (117.5 moles of O_2 produced for each mole of PO_4 taken up), at least at depths less than about 800 meters, this ratio was used to calculate "preformed phosphate", the phosphate content of the water when it was at the sea surface. Meridional sections of "preformed phosphate" showed some consistency

between sections, with a general decrease westward. Its vertical distribution usually exhibited an increase with depth, though a relative minimum at the depth of the thermocline was not uncommon.

Below 800 meters Redfield's ratio no longer seemed to apply. About 100 pairs of O_2-PO_4 values from between 800 and 500 meters were extracted from the 1928-1929 "Carnegie" data. These indicated a definite linear relationship between the two variables though its significance is not yet clear.

Fronts

The data from an oceanic front, encountered on the Island Current Survey, were analyzed. It appeared that the density structure at this front differed from that found on other occasions by previous investigators. This led to a literature survey of the theories of atmospheric fronts developed by meteorologists, and the applicability of these theories to oceanic fronts was tested. For those oceanic fronts at which sufficient data were collected, it was possible to explain the gross dynamic features on the basis of a simple atmospheric model which neglects vertical motion.

An attempt to find a theroretical explanation of the wave-form disturbances and double eddy systems that occur with mid- and high-latitude oceanic fronts has not been completed.

Sea-surface temperatures

As reported before, the temperature records obtained from recording thermographs installed on a number of tunaboats have been disappointing. A majority of records were of such poor quality and inadequately annotated that the small amount of reliable temperature data that could be culled from them did not justify the effort put into their processing. This program was, therefore, terminated early in the year. We have, however, permitted the vessels on which thermographs were installed to continue to use them on condition that the masters log the sea temperature once or more each day in their fishing logs. Sea-surface temperature taken from the logbooks of these and other vessels continue to be of useable quality. On the basis of these, plus available merchant-vessel sea-temperature data, we are continuing to plot the mean monthly sea temperatures for different areas between California and Chile. These data have proven very useful in explaining variations, both seasonal and annual, in the occurrence of the tropical tunas at the northern and southern extremes of their range. During 1957, through at least the middle of 1959, the entire Eastern Pacific Ocean has been abnormally warm, with consequent extension of the fishery at these extremes. From currently available data, particularly from the sea areas off Peru, it is indicated that the ocean is probably shifting back toward the average regime, with noticeable effects on the distribution of the tuna stocks.

The San Diego Biological Laboratory of the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, commencing in January 1960, will compile and issue

currently monthly charts of sea temperature for the Eastern Pacific based on data from merchant vessels, fishing vessels, and coastal stations. This service will save our staff the trouble of making the tabulations as we have done in the past, will improve the compilations by adding more data, and will make the information currently available to scientists and fishermen.

"El Niño" meteorological project

The investigation of possible meteorological causes of "El Niño" by the Department of Meteorology at U.C.L.A., under the sponsorship of the Tuna Commission, was first reported in 1957. During most of 1958 and the first half of 1959, this project was virtually at a standstill. At this point, Professor J. Bjerknes of the Meteorology Department took over the study and soon succeeded in rejuvenating it.

By considering average sea-level pressure changes between March and August over the entire Eastern Pacific, and comparing these with corresponding changes in sea-surface temperatures, Professor Bjerknes has developed some stimulating ideas on the effect of the atmospheric circulation on the ocean. These have been described in the first section of a report he is preparing for this project, and which will eventually be published in our *Bulletin*.

Plankton indicator studies

Previous investigations into the possibility of using Chaetognatha as biological indicators of different oceanic environments made evident a definite need for investigating the vertical distributions of these organisms. In order to obtain vertically stratified zooplankton samples concurrently with hydrographic data, a new piece of equipment was designed and constructed. It is essentially an enlarged Clarke-Bumpus plankton sampler, an opening and closing device for sampling the plankton in a particular stratum of the water column. These samplers have been used extensively on several oceanographic cruises during 1959.

The data obtained from the analysis of samples collected by the Clarke-Bumpus nets during cruise TO 59-1 (January and February 1959) of the Scripps Tuna Oceanography Research Group have given more reliable results than were possible previously, and have made possible the determination of the presence of relationships between the distributions of species of arrow-worms and measured features of the environment. It can now be stated with reasonable certainty that there exist species of Chaetognatha in the Eastern Tropical Pacific Ocean that may be used as "indicators" of water mass and/or horizontal or vertical movements of bodies of water.

Zooplankton samples from two 1958 cruises of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru have been examined and the Chaetognatha species identified and their distributions plotted. For comparative purposes, certain of the samples collected on the "Downwind" Expedition

of Scripps Institution are being examined. This expedition occupied stations well offshore from Peru, as part of the work of the International Geophysical Year, in 1958. The data from study of these collections should illustrate the inshore and offshore distributions of arrow-worms in the Southeastern Pacific, and may aid in determining the source of "El Niño" water.

During the IATTC Costa Rica Dome Cruise, several series of stratified plankton hauls were made using the enlarged Clarke-Bumpus plankton samplers. These samples will be processed routinely, and the chaetognaths from them will be studied in detail with special reference to their horizontal and vertical distributions and any existing relationships between their distributions and the distributions of environmental features.

In our routine processing of zooplankton samples, all of the organisms present in a sample have been identified to the lowest convenient taxonomic category and enumerated. These data have undergone preliminary analysis, and show that regardless of what body of water a sample may have been taken from, the relative numerical abundance of each group remains nearly the same (i.e., copepods most abundant, followed by euphausiids, chaetognaths, etc.). In view of this conclusion it was decided to terminate this facet of the zooplankton program. During the early part of 1960, it is anticipated that a statistical treatment of these data will be completed and the results published.

Future cruise plans

Tentative plans for field work in 1960 call for one major cruise during the second half of the year, to be sponsored jointly by Scripps Institution of Oceanography and the Tuna Commission. During the three months of ship's time alloted to the cruise, it is planned to make an extensive hydrographic and biological survey along the coast of South America from the Panama Bight to latitude 23°S, and extending 500 miles offshore.

This region is still sparsely covered by oceanographic observations, yet is becoming increasingly important to the tuna fishery. It is the area where the "El Niño" phenomenon takes place, and any data from there, aside from their general interest, would be of special value to the meteorological group under Professor Bjerknes, who are working on the "El Niño" problem in cooperation with the Tuna Commission. Not only does the South Equatorial Current originate in this general region, but the Cromwell Current may terminate or be deflected here. The latter poses a particularly intriguing problem as this undercurrent has never been detected east of the Galapagos. Detailed plans for the cruise have not yet been developed.

It is expected that, during the first half of the year, the major effort ashore will be devoted to the processing and analysis of the data obtained on the Costa Rica Dome Cruise.

8. Investigations of biology, ecology and life history of baitfishes

Investigations during 1959 continued to be directed almost entirely to the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*, because it is, as mentioned in previous reports, the only one of the important bait species for which there is a possibility that the amount of bait fishing might adversely affect the continuing harvest. However, studies of other species are being conducted as opportunity affords. During 1959, material was collected for studying some aspects of the life history of thread herring *(Opisthonema)* in the Gulf of Panama and Gulf of Nicoya, and studies of the life history of *Anchoa naso* were commenced at Manta, Ecuador, where that anchovy species is an important tuna bait.

Presently nearing completion for publication is a study of the age, growth, sexual maturity and spawning of the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* in several major baiting areas of the Eastern Tropical Pacific Ocean. Meristic and morphometric studies by Howard, and by Berdegué, reported previously, showed that there is no free interchange of the populations of anchoveta of different areas. Therefore, the several populations along the coast have been studied independently. An extensive study of the anchoveta in the Gulf of Panama has recently been published by Howard and Landa. This present study is on important aspects of the life history of the anchoveta collected in seven other major baiting areas —Almejas Bay, Guaymas, Ahome Point, Banderas Bay, the Gulf of Fonseca, along the coast of Colombia, and Ecuador-Peru.

More than 300 collections have been made and almost 38,000 anchovetas examined. These collections were made by tuna baitboat crews during routine baiting operations, by local fishermen commissioned by the Tuna Commission to make collections in areas and at times where tunaboat samples were lacking, and by Commission personnel.

Investigations of several approaches showed that the most useful technique for the study of the age and growth was the use of the length-frequencies, as had previously been used in Panama. All the samples for the same month for any one area were combined and the percentage length-frequency distribution for these monthly aggregates were plotted. The age and growth were inferred from the temporal progression of modes in these diagrams. A representative diagram is shown in Figure 18, for Ahome Point (Mexico), for which samples were available for each month January through August (samples were not available for September-December). In these length-frequency graphs, two modes are apparent, the first of which can readily be followed through the year, but the second of which is not clearly distinguishable in all months. The assumed point of separation between the two modes is indicated by the arrow in each graph.

Examination of gonads indicated that the anchoveta spawn each summer at Ahome Point, with the peak of spawning in August. From the

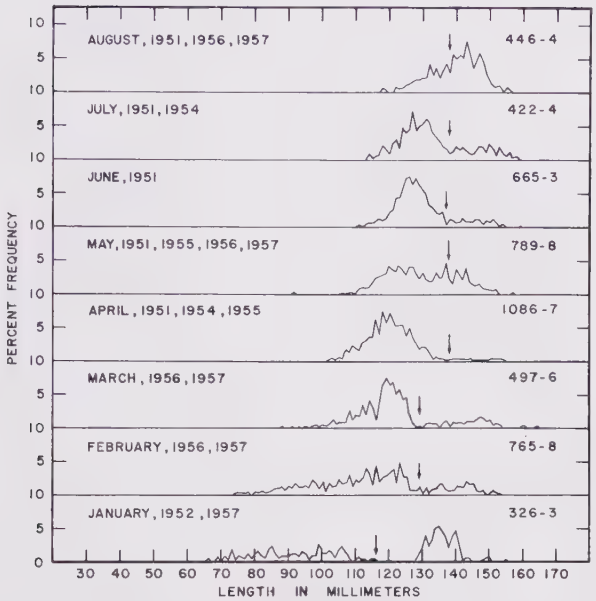


FIGURE 18. Monthly length-frequency composition of anchovetas collected at Ahome Point, Mexico.

time of spawning and the rate of progression of the first mode, it may be inferred that the fish in this mode are in their first year, while the fish in the second mode are mainly in their second year. However, some of the larger fish in the second mode may be in their third year of age.

This same procedure for determining the age and growth of the anchoveta was employed in the other areas under study. The growth during the first year ranged from a mean of 118 mm. in the Gulf of Guayaquil to a mean of 145 mm. at the Gulf of Fonseca. The mean lengths of the anchoveta at the end of their first year in the other areas were: Almejas Bay, 127 mm.; Guaymas, 128 mm.; Ahome Point, 132 mm.; Banderas Bay, 125 mm.; and Colombia, 126 mm. The mean lengths at the end of the second year ranged from 141 to 147 mm. for all the areas except the Gulf of Fonseca, where the mean length was 160 mm. At Panama, the mean length of the anchoveta at the end of their first year was 126 mm. and at the end of their second year, 144 mm.

An average of 85% of all the anchoveta taken in the areas under study were in their first year. The rest were in their second year, except for a very few in their third. It is apparent that, as in Panama, the bait fishery in these other areas depends almost entirely upon anchoveta in their first year.

There is wide variability in the time of the year in which the anchoveta spawn in the different areas. In general, most of the spawning occurs in the latter six months of the year, although the spawning period for any one area is rarely longer than three to four months. There is also an indication, for some of the areas, that spawning may occur more than once

each year. Thus, in Almejas Bay, peak spawning occurs in August and September (which fits in with the general pattern for the species) but in some years a second spawning takes place in January and February. At Guaymas, there are indications of spawning activity over the latter 6 months of the year, but it is likely that this longer period is made up of two or more shorter overlapping spawnings of sub-populations in the area. At Ahome Point, the major spawning period is in July and August. Lack of adequate data from Banderas Bay allows only the conclusion that spawning occurs sometime during the latter part of the year. The anchoveta collected from the Gulf of Fonseca show a peak spawning period in August and September but there were also signs of some spawning in all months throughout the year. Off the coast of Colombia, the anchoveta spawn mainly in the period October to December, but one sample indicates some spawning in February. At Guayaquil, the anchoveta spawn from December to February.

A study was also begun during 1959 of the feasibility of determining the age of anchovetas by means of scale markings, since a preliminary examination showed that the anchoveta scale has marks resembling those used successfully for aging the California sardine and the northern anchovy.

Scales from 770 specimens, captured in the Gulf of Panama between 1951 and 1958, and selected to represent as many months of the year as possible, were examined. The analysis of the Panama scales indicated that the rings observed on the scales are, often at least, not annuli, but that they include markings which apparently appear at different seasons throughout the year, and that therefore the scales are useless for age determination.

A similar study, started in the latter part of 1959, is being made of scales from specimens from Guaymas, where the spawning period and hydrographic regime are quite distinct from those prevailing at Panama.

Work on the identification of late larval stages of the anchoveta was seriously hampered during 1959 by several personnel changes. The problem is to determine the anatomical changes which occur in the development of the larvae between the time of hatching and the time when the juveniles attain a length of about 25 mm., and to compare these changes with those observed on the many other engraulid species found in the same area. The material being studied consists of collections of larvae taken during 1956 and 1957 in the Gulf of Panama, where at least eleven species of engraulids are known to occur. Work on this project was resumed at the end of 1959. Initially some collections of larvae were sorted, specimens were stained with alizarin red to aid in seeing the bony structure, and examination was begun of body proportions, meristic characters, pigmentation, and the sequence of ossification.

Investigations in the Gulf of Panama

Investigations at the Panama laboratory during the first half of 1959 centered around studies of the distribution of juvenile anchoveta in the Gulf and along the Colombian coast, and on studies of variations in the hydrography of the Gulf of Panama. In mid-1959 the biweekly observations at the fixed station, to provide data for studying the seasonal cycle of productivity of the Gulf, were terminated, and the data are being thoroughly analyzed (see below) before taking further observations.

Studies in the latter half of 1959 were devoted to three major projects: holding experiments in live boxes at Taboga Island to devise a suitable anchoveta tag, a study of the feeding habits of the anchoveta, and further attempts to rear larval anchoveta to an identifiable size.

Further attempts were made during 1959 to determine whether there is partial intermixing, during the juvenile stage, among anchovetas inhabiting the Colombian coast and those of the Gulf of Panama. In February 1959, a survey, of about 3½ weeks duration was made from our vessel, extending from Bahía Piñas in Panama to Buenaventura in Colombia. No schools of juvenile or adult anchoveta were sighted throughout the entire survey, nor were any specimens taken as a result of the intensive use of cast net, larvae net, and trawl net. While these results are not entirely conclusive, it appears that there is little or no intermixing between the two populations. This is in agreement with results of morphometric studies previously completed.

During the past years, efforts have been made at our Panama laboratory to develop a suitable anchoveta tag in order to study migrations of anchovetas in the Gulf, and as a possible basis for measuring the rate of exploitation of the population by the fishery. The problem has been to devise a suitable tag that is easily visible from the exterior, since the only practical method of recovery has been from tuna fishermen who see them in the course of their baiting operations. Eighty-thousand "toggle" tags applied in the period 1955 to 1957 resulted in a recovery rate of only 0.051 per cent, therefore, in 1957 and 1958, fish were tagged with various types of external tags and held in live boxes at Taboga Island for observation. These experiments showed that heavy tagging mortalities were sustained by the fish, and that the external tags were shed heavily from the fish that survived. Development of a usable tag, however, was felt to be so important that further holding experiments were undertaken in 1959.

Studies were conducted in the Taboga live boxes from May through December, involving 4,600 specimens in 26 experiments. A variety of external tags and marks were tried. Excessive mortalities were not a problem in 1959. All fish were held in the live boxes about a week before tagging. Mortalities up to 30 per cent occurred the first few days after capture, but after the initial period of adjustment few fish died. In only three cases did heavy mortalities occur after marking, and these were

apparently caused by physiological incompatibility of the fish to certain experimentally employed dyes and anesthetics.

All the external tags were shed heavily. The best of various types tested were "toggle" and "clip-on" tags, but considerably more than half of each of these were shed within 30 days after tagging. None of the external tags caused appreciable mortalities, however.

While the 1959 holding experiments were in progress, a new development in the Panama anchoveta fishery changed considerably the nature of the tagging problem. Two fish reduction plants in Panama began processing fairly large amounts of anchoveta. The amount of anchoveta used for fish meal in 1959 was several times greater than the average yearly amount taken from the Gulf by the tuna-bait fleet. Although these plants were in operation during 1957 and 1958, they utilized in those years primarily scrap fish taken by the shrimp fleet, plus some pelagic clupeoid fishes. In 1959, however, there were introduced several purse-seiners, which fished almost exclusively for anchoveta and other pelagic clupeoid fishes. This type of fishery lends itself to fish tagging experiments in which a numbered metal tag is inserted in the body cavity of the fish, the tag being subsequently recovered by magnets, installed in the fish meal lines in the reduction plants.

When the development of the anchoveta reduction fishery in Panama became apparent in 1959, four additional lots of anchoveta were marked with internal tags during the period May through August, and were held in live boxes. These experiments were terminated in December 1959. Survivals of three of the groups were as good as those of the control lots placed in separate sections of the live boxes at the same time. Poor survival of a fourth lot is thought to be due to the use of quinaldine as an anesthetic while marking this particular batch of fish. Mortalities of a group of fish tagged in May were as follows: first month, 14 per cent; first three months, 30 per cent; first six months, 78 per cent. These mortalities were actually lower than those of a control lot put in another section of one of the live boxes the same day.

Shedding of internal tags was found to occur almost entirely during the first three weeks after tagging. This shedding seems mostly to be the result of infection and subsequent enlargement of the slit made in the belly for inserting the tag. Antibiotics may be useful in controlling the infection and thus reducing the amount of shedding.

The shedding rate in the four experiments with internal tags varied from about 30 to 50 per cent. The variability is probably due, in part at least, to the fact that different tagging techniques were used from lot to lot.

Because of the success experienced with the internal tags in the 1959 experiments, a full-scale tagging program will be conducted with these

tags in 1960. Suitable locations for permanent magnets for tag recovery at both fish reduction plants have been determined and permission has been obtained to install them.

It is believed that these experiments in 1960 will provide at least a rough estimation of population size, and it will almost certainly provide useful information concerning the movement of anchoveta among the various areas within the Gulf.

The development of the fish meal fishery for anchovetas in the Gulf of Panama makes it imperative that we study carefully its impact on the fish population. As we have noted in previous annual reports, the harvest by tuna-bait fishing has been sufficiently small as to have no measurable effect on the stock. However, the fishery for reduction to meal took, in 1959, a great deal larger harvest than has ever been taken by tuna vessels. Despite this increased harvest, our preliminary estimate of abundance, measured by the average catch-per-day by tuna vessels, as noted earlier in this report, shows no significant decrease. Therefore, we cannot yet detect the effect of the increased rate of exploitation of the population. In view, however, of the prospective increase in the intensity of the fishery, it is necessary to monitor the changes in the stock by the analysis of the catch statistics and, if possible, to arrive at estimates of population size and fishing rate through tagging experiments.

During the year intensive efforts have been made to hatch anchovy and anchoveta eggs and to rear the resulting larvae in the laboratory. While it was possible to hatch the eggs successfully, we have not succeeded in rearing the larvae beyond 154 hours after hatching, despite the application of a wide range of experimental techniques. It appears that the effort and cost required successfully to solve this problem will be very great. Consequently, in view of more pressing problems, this line of study will be terminated after publication on the various experiments.

Research has also been pursued on the feeding habits of the anchoveta, an important aspect of their ecology. The work naturally divides itself into two parts corresponding to the pelagic and the demersal or semi-demersal phases of the life history of the species. Fish in the former stage can be termed juveniles and those in the latter stage can be called adults.

A large number of slides of the microscopic organisms which compose stomach contents of adult fish have been prepared, but identification of the organisms is still in its preliminary stages. It appears that the fish feed by ingesting mud from the bottom, along with the detritus and organisms it contains. Diatoms are by far the most important identifiable food item, while dinoflagellates are the only other type of organisms encountered in large numbers. Conspicuous among the diatoms are *Coscinodiscus, Melosira, Triceratium, Biddulphia, Surirella, and Navicula.*

The proportions of the various food items vary greatly among the different samples. The organisms found in the stomachs have also been encountered in mud samples.

Only very cursory investigations have been made of the feeding habits of juvenile anchovetas. *Nitzschia,* a pelagic diatom, and *Coscinodiscus* have been observed, the former predominating. Very small crustaceans, probably copepod larvae, have also been found.

Productivity in the Gulf of Panama

Biweekly collection of hydrographic and biological data, which has been carried on since December 1954 at a fixed station in the Gulf of Panama, in order to study the seasonal fertilization of the area by wind-driven upwelling, and its effects on productivity, was completed June 3, 1959. During this period a total of 112 stations were occupied. Detailed analysis of these extensive data on the physical, chemical, and biological factors associated with upwelling has been commenced. Some preliminary results may be reported at this time.

During the months of January through April strong northerly winds drive the surface waters of the Gulf seaward, lowering the water level and causing replacement of surface water by deeper oceanic water, rich in plant nutrients. Presumably this upwelling of nutrient-rich water induces an increased amount of phytoplankton, upon which the zooplankton may, in turn, feed and increase. Both the phytoplankton and the zooplankton are food for commercially important species.

The chemical and biological effects of the upwelling are well marked and consistent, when the upwelling season is compared with the non-upwelling period from May to December, as shown in the table below.

Chlorophyll "a" measurements were not begun until December 1956. In the table, only that portion of the other data collected after this date were used for comparison. Except for zooplankton and incident radiation all measurements were made at 10 meters. The figures shown are the mean values during the upwelling and non-upwelling months during this period from December 1956 through June 1959.

		Non-upwelling months	Upwelling months	Increase during upwelling
Phosphate	μg.at./L	0.57	0.81	42%
Chlorophyll "a"	mg./m^3	0.38	0.74	95%
Oxygen increase over value at 37 m	ml./L	1.95	3.19	64%
Carbon fixation	mg./m^3/day	14	32	130%
Carbon fixation/ chlorophyll "a"	mg.C/mg.Chl. "a"/day	37	43	16%
Incident radiation	g.cal./cm^2/day	420	494	18%
Zooplankton volume	ml./1000 m^3	118	143	21%

The inorganic phosphate concentration showed an increase of 42 per cent during the upwelling season. The mean phosphate concentration

during the non-upwelling season was virtually the same as Ketchum's value of 0.55 μg.at./L below which phosphate becomes limiting to growth. Inhibition of the growth rate would be expected whenever the concentration fluctuated below this level. During the upwelling months, the growth rate would be uninhibited, or at least less inhibited, owing to the higher phosphate concentrations, and a greater standing crop and productivity would result. This, in fact did occur: the chlorophyll "a" concentration, used as a measure of standing crop, was 95 per cent greater, and the net production, as measured by the C^{14} method, was 130 per cent greater during the upwelling season. The rate of net carbon fixation per unit of chlorophyll "a" showed a slight increase of 16 per cent. If this is significant, it may be related to the 18 per cent increase in incident radiation, since, at this depth light saturation rarely occurred, allowing the photosynthetic rate to be proportional to light intensity.

The oxygen concentration can also be used for a rough comparison of the two seasons. Near Taboga Island, where the C^{14} samples were incubated *in situ*, the depth of one per cent of the incident radiation (approximately equivalent to the compensation depth) had a mean of 21 m., and would have been a few meters deeper at the sampling station. Thus, at 37 m. (the mean depth of the deepest samples) practically no increase in photosynthetically produced oxygen could have occurred. The increased concentration of oxygen at 10 m. over that at 37 m. could then be attributed largely to photosynthesis, and this value is used to compare the two seasons. During the upwelling season, this difference was 64 per cent greater than during the non-upwelling season.

The zooplankton showed only a small increase of 21 per cent. But this was caused entirely by high volumes in the spring of 1959, the years 1957 and 1958 showing no difference between the two seasons. If the entire period of data collection is considered, from December 1954 to June 1959, the increase was 89 per cent, since the years 1955 and 1956 had high zooplankton volumes during the upwelling season.

During the last thirteen months of observation, the standing crops of plankton, as measured by carbon content derived from chlorophyll "a" concentrations and zooplankton volumes, was composed approximately of 80 per cent phytoplankton and 20 per cent zooplankton. The daily increase in phytoplankton was 80 per cent of the standing crop and the daily requirement by the zooplankton was calculated to be about 6 per cent of the net daily production. However, a higher proportion may actually have been consumed, since zooplankters have been found to graze much in excess of their requirements when the phytoplankton is abundant.

The maximum carbon fixation per hour per unit of chlorophyll "a" was in the upper 5 m. of the water column for this 13-month period and had a median of 10 mg/m^3/day, which is in agreement with Steemann Nielsen's value of 9 mg/m^3/day for tropical surface plankton at light saturation.

For the entire period of data collection, a change of 1.87 ml./L of oxygen accompanied a change of 1 μg.at./L of inorganic phophate, or 200 atoms in apparent oxygen utilization accompanied a change of one atom of phosphorus, which approximates Redfield's average value of 235 atoms.

The non-upwelling months of 1958 and the upwelling months of 1959 (when productivity values for the entire water column were available) had a net daily primary production of 380 and 740 mg.C/m^2 respectively: an increase of 95 per cent during the upwelling season. This value corresponds reasonably well with the 130 per cent increase found at 10 meters. The net annual production computed from this period, as measured by the C^{14} methods, was 181 g.C/m^2, 89 grams having been produced during the upwelling season from January through April and 92 grams having been produced during the non-upwelling season from May through December.

Calculating the amount of carbon produced from the amount of inorganic phosphate removed from the incoming water during the upwelling months of 1959 results in a value of 48 g./m^2: roughly half the value derived from the C^{14} method. Considering the phosphate regeneration has not been taken into account, the amount actually utilized by the phytoplankton must have been greater, which would yield a carbon value of the same general magnitude as that of the C^{14} method.

The prediction of the degree of biological productivity of a region from simple physical measurements would be of great advantage in studying the fisheries ecology of this and other areas. An attempt is being made here to relate the yearly changes in the force of the northerly spring winds, its physical and chemical effects on the hydrography, the effect of these changes in turn on the plankton, and finally the effect on the commercially important species of larger animals.

The upwelling months of the four years, 1956 through 1959, have been studied, but it has been difficult to establish a consistent relationship. In general, the physical data indicate that, of these four years, the strongest upwelling year was 1959 and the weakest was 1958. Northerly winds were considerably stronger in 1959 than in the other three years. The increase in water density at 37 m. was greater in 1959 and least in 1958. The biological effects, however, are not clear: the standing crop of phytoplankton, measured by chlorophyll "a", was low but the production rate per unit of standing crop was high in 1959. The colder waters of 1959 may have enabled a different and more active flora to bloom. The standing crop of zooplankton was high; it was 50 per cent greater than the next highest value in the four-year period. The increased grazing by this large amount of zooplankton may explain the small standing crop of phytoplankton in spite of its high reproduction rate.

No direct relationship could be found between chlorophyll "a" concentrations and zooplankton displacement volumes for all stations from December 1956 to June 1959.

Investigations in the Gulf of Nicoya

Investigations were continued in 1959 along the lines followed the last several years. Detailed observations and collections were made to follow the effects of the 1953 transplantation experiment undertaken to re-establish the population of anchovetas, and measurements of certain hydrographic data were continued.

As in previous years, since the transplantation experiment in 1953, small amounts of juvenile and adult anchovetas were captured. With respect to the evaluation of the transplantation experiment, it must be concluded that the experiment established a small resident population of anchovetas in the Gulf, but that there has been no sizeable increase in the population to the present date. Our measure of the relative size of this population has been obtained from beach seine catches of juvenile anchoveta from certain beaches in the outer Gulf and from trawl catches of adults taken with the Commission's research launch in the inner and outer Gulf. In general, catches of juveniles have been best in the period November to February. Adults have been captured with the trawl net during most months of the year, but the largest catches have been made between May and December.

During the period October 1957 to November 1958, approximately 300 plankton net tows were made in the Gulf of Nicoya to collect clupeoid eggs and larvae for additional information on the time and areas of anchoveta spawning. The times at which samples were taken and the areas surveyed were carefully selected on the basis of experience with a similar program in the Gulf of Panama. During 1959, this material was sorted and the samples of eggs were carefully examined but it was found that there were no anchoveta eggs present. Since the capture of juvenile anchovetas in the Gulf of Nicoya year after year is good evidence that the anchoveta spawns in that region, the failure to catch anchoveta eggs in the plankton nets may be a further indication that the anchoveta population in the Gulf is very small.

With the completion of the analysis of the hydrographic data collected from the Gulf of Nicoya during the period 1952 to 1958, hydrographic studies in the Gulf were reduced to monthly observations at two stations, one near the center of the Gulf and the other at the mouth, and to the collection of temperature and salinity data from the Puntarenas pier. These observations, together with meteorological and river flow data, should provide sufficient information to monitor seasonal and year-to-year fluctuations in the hydrographic regime.

During 1959, the personnel of the Puntarenas laboratory also carried out an intensive survey of the transverse distribution of temperature and salinity in the Gulf during the period of maximum precipitation and run-off. A similar survey will be made during the dry season of 1960. Previous

hydrographic surveys have been restricted to a series of stations along the longitudinal axis of the Gulf. It is hoped that these data will provide for a better understanding of circulation in the Gulf.

Monthly trips were made during 1959 by the Puntarenas staff, using a chartered coastal freight launch, to the area immediately south of Cape Blanco, in order to capture tuna larvae. This work, the results of which have been reported in an earlier section of this report, has proven of considerable value in providing information on the seasonal variations of spawning of yellowfin tuna in this region, and additional trips are planned for 1960.

Investigations at Manta, Ecuador

In November 1958, a Tuna Commission scientist was stationed at Manta, Ecuador, primarily to tag tunas and carry out routine sampling of the tuna catch. A secondary objective has been to study the local bait fishery.

It has been found that *Anchoa naso* (Gilbert & Pierson, 1898), referred to locally as "colorado", is used almost exclusively by the Manta tunaboats. It has been estimated that these boats, about twenty in number, are capable of taking and utilizing about 3,275 scoops[1] of bait daily and that their total catch for the calendar year 1959 (Jan. 1, 1959 to Dec. 31, 1959) amounted to about 384,427 scoops, almost all of which were "colorado".

In addition to observations on quantity of bait used, investigation of the life history of *A. naso* was begun in March of 1959. A routine monthly length-frequency sampling program was initiated at that time to study age and growth. Samples were obtained from several sources: tuna baitboat (night-light and day-time sets), beach seine, and cast nets. The majority of the fish obtained for the age and growth study were discarded after measurement, but representative specimens from the collections were retained and preserved in formaldehyde for subsequent examination for stage of sexual maturity.

The data so far gathered tend to indicate that the bait fishery has been exploiting a single age group during most of the year. It appears that this single year-class of *A. naso* has increased in mean body length from 53.3 mm. in March 1959 to 71.8 mm. in October 1959, the most rapid growth being from March to May. In the November samples, however, an additional new entering year-class of fish is evident at a size of about 40 mm. These recruits tend to indicate that this species probably spawns in late summer.

Ovarian eggs from a sufficient number of fish and from a sufficient time period have not yet been measured to confirm this tentative spawning season.

[1] The average weight of a local scoop of bait has not yet been determined, but it is, however, somewhat smaller than the standard scoop used by the California-based clippers.

APENDICE A

INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL EN EL AÑO 1959

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

La Comisión Interamericana del Atún Tropical está autorizada y obligada por la Convención a conducir investigaciones científicas sobre la estructura, biología, ecología, historia natural y dinámica de las poblaciones de atunes aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)* y barrilete *(Katsuwonus pelamis)* y de las especies de carnada empleadas en la captura de éstos, con particular referencia al mantenimiento de los stocks de peces a niveles que proporcionen una pesca máxima sostenible año tras año. Para el cumplimiento de su cometido, la Comisión tiene contratado un personal científico internacional que conduce diversas líneas de investigación, cada una de ellas parte de un programa integral que cubre los objetivos de la Convención. Las oficinas y laboratorios principales del personal científico están instaladas en la Institución Scripps de Oceanografía, La Jolla, California. Se mantienen también laboratorios adicionales en San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; y en la Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá. También hay en operación estaciones temporales de experimentación en Ecuador y Perú. El trabajo de investigación que se efectúa en los antes citados laboratorios y estaciones se desarrolla coordinadamente con el trabajo de otros grupos gubernamentales, internacionales y universitarios interesados en la oceanografía y recursos marinos del Océano Pacífico Oriental. Durante 1959 se han podido llevar adelante en forma satisfactoria las diversas investigaciones requeridas.

Las investigaciones durante el año pasado incluyeron las siguientes actividades:

1. Compilación de las estadísticas corrientes sobre la pesca total, volumen y resultados de las actividades pesqueras y abundancia de las poblaciones de peces

Una de las continuas tareas del personal científico de la Comisión es la de recoger, compilar y analizar los registros completos de la pesca total de cada una de las especies tropicales de atún de todas partes del Océano Pacífico Oriental Tropical, así como la detallada información y datos relacionados de los cuadernos de bitácora de un gran número de barcos que constituyen una buena representación de las flotas pesqueras, con el propósito de medir el volumen de la pesca y las capturas resultantes tanto de atunes como de peces de carnada, por especies, áreas geográficas y estaciones de cada año. Estos datos son de vital y fundamental importancia porque nos proporcionan la información básica para determinar los efectos de la pesca sobre los recursos y mantener informada a la Comisión y a los

Gobiernos Miembros de la condición corriente de dichos recursos en relación con la condición del promedio máximo de rendimiento sostenible. Estos datos también nos permiten estimar los cambios en la abundancia aparente por área y estación del año, lo que es fundamental para buena parte de la investigación sobre la ecología y hábitos de los peces.

Estadísticas de la pesca total de atún

En informes anteriores hemos descrito detalladamente los métodos para la recolección y compilación de las estadísticas de la pesca total de atún, que son obtenidas no solamente de los países miembros de la Comisión sino también de todos aquellos en los cuales tienen base embarcaciones que pescan en el Pacífico Oriental Tropical. Las cifras resultantes se pueden considerar completas en esencia, a pesar de que no se consideran pequeñas cantidades que se consumen en países fuera de los Estados Unidos, de los cuales no siempre hay datos disponibles. Una excepción son las pescas de barcos japoneses que desde comienzos de 1958 han estado operando en esta área. Estas pescas son pequeñas, pero no insignificantes, y hasta ahora no ha sido posible obtener los datos completos sobre ellas; se obtuvieron datos correspondientes al año 1958 aunque probablemente no estén completos, pero no ha sido posible obtener aún los de 1959. Se estima que estas pescas pueden sumar actualmente alrededor de mil toneladas de atún aleta amarilla por año, logradas por el sistema de pesca con palangre. Esta cantidad no es lo suficientemente grande como para que su omisión pueda afectar seriamente nuestro análisis, pero es probable que aumente en cuyo caso podríamos incurrir en serios errores en nuestra apreciación sobre el estado de los stocks de peces si estos datos no son incluídos. Se espera que el Gobierno Japonés pueda y quiera proporcionarnos tales informes, pero hasta ahora los esfuerzos para obtenerlos no han sido muy efectivos.

En la Tabla 1 aparecen los desembarques totales de cada una de las especies tropicales de atún de las aguas del Pacífico Oriental, desde 1940, junto con las cantidades de atún desembarcadas en o transbordadas congeladas a los Estados Unidos. Con respecto a 1959, solamente se dispone por el momento de los datos correspondientes al transbordo, pero como en años recientes más del 95 por ciento de la pesca total ha sido procesada en los Estados Unidos, estas cifras constituyen un buen índice de la producción total, pendiente la recolección de datos completos de otros países.

Como puede verse en esta Tabla, durante 1959 hubo una disminución substancial en los desembarques de atún aleta amarilla, a pesar del hecho de que, como lo demostraremos más adelante, la abundancia de esta especie según la encontraron los pescadores aumentó en relación con el año anterior. La merma en la producción parece que puede atribuirse a dos factores: (1) un descenso en la intensidad de la pesca debido a la continua reducción de las flotas pesqueras y a que muchos barcos de los Estados Unidos estuvieron paralizados durante una parte considerable del año por

TABLA 1. PESCA DE ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1940-1959

en millones de libras

Año	Atún desembarcado en o transbordo congelado a los Estados Unidos*				Pesca total, Pacífico Oriental				
	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	% Atún aleta amarilla
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	....	296.3	(1)				44

* Incluyendo Puerto Rico
(1) Datos sin completar todavía

circunstancias económicas, y (2) continuación de las condiciones de aguas tibias en el Pacífico Oriental, incluyendo el fenómeno de "El Niño", frente al Perú, lo que está asociado a una pobre disponibilidad del atún aleta amarilla y al aumento en la disponibilidad del barrilete. La producción de esta especie, por otra parte, aumentó algo sobre la de 1958, alcanzando el más alto valor registrado, a pesar de la disminución en el esfuerzo de pesca. Creemos que esto se debe, por lo menos en gran parte, a la temperatura del mar anormalmente alta, lo que favoreció la pesca de barrilete especialmente en las áreas marinas frente al Perú en donde, en consecuencia, la flota de clípers empleó una gran parte de su tiempo de pesca. Conforme el año se acercó a su fin, parecía que el régimen oceánico comenzaba a retornar a su normalidad. Si esto es así, esperamos que el próximo año la pesquería vuelva hacia la región más central de la zona de los atunes tropicales, con el consecuente cambio en la composición de especies de la pesca hacia un aumento en la proporción del atún aleta amarilla.

TABLA 2. PORCENTAJE, POR ESPECIES, DE LOS DESEMBARQUES DE ATUN HECHOS POR LOS CLIPERS CON BASE EN CALIFORNIA.

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959*	50.3	89.2

*Datos preliminares

En la Tabla 2 hemos indicado la proporción en que cada una de las especies ha sido pescada por los barcos de carnada. En esta Tabla puede verse que la pesca realizada por este tipo de barcos ha disminuído substancialmente, en particular en lo que al atún aleta amarilla se refiere. En 1959, los clípers sólo capturaron escasamente un poco más de la mitad de la pesca total de atún aleta amarilla y también disminuyó su porcentaje en la pesca de barrilete.

El cambio experimentado en los porcentajes de la pesca efectuada por los dos tipos de barcos se debe en gran parte al aumento de la flota de los barcos rederos por la conversión de muchos de los barcos de carnada. El número de barcos rederos en actividad en la flota de los Estados Unidos

aumentó de 44 en 1958 a 58 en 1959, debido a 10 conversiones y a que 4 barcos que habían estado inactivos volvieron a la pesquería de atún. La conversión de los barcos de carnada a rederos ha sido motivada por un marcado éxito en la pesca que tuvieron los barcos rederos en los dos últimos años. Esto es atribuible, en parte, a las mejores técnicas logradas en las operaciones de los barcos rederos, incluyendo el uso de redes de nylon, poleas con fuerza hidráulica ("power blocks") y refrigeración rociando agua con salmuera ("brine-spray")*. Sin embargo, un análisis de los registros de la flota indica que el atún aleta amarilla puede también haber estado más que normalmente abundante, en estos recientes años, en aquellas áreas frecuentadas por los barcos rederos. En todo caso, el marcado progreso en el éxito de la pesca de los barcos rederos continúa atrayendo a los propietarios de barcos a este método y se espera que muchos otros clípers sean convertidos a rederos durante 1960.

Medida de los cambios en la abundancia del atún

El personal científico de la Comisión mantiene el sistema de recolección rutinaria de datos de los cuadernos de bitácora y obtiene información y resultados de casi todos los barcos de las flotas que operan en puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico). Durante 1959, estas flotas incluían 145 clípers y 58 barcos rederos activos; sin embargo, ocho de estas embarcaciones están duplicadas en las dos categorías por haber cambiado de la pesca con carnada a la pesca con redes durante el año. También se obtienen datos de los registros de bitácora de un número de barcos que operan desde puertos de Costa Rica, México y Perú. Además, nuestro representante en Manta, Ecuador, ha obtenido durante 1959 datos detallados sobre las operaciones de los pequeños barcos locales que salen a pescar de aquel puerto.

La abundancia aparente de cada especie de atún puede ser estimada de la pesca por día de actividad encontrada, en promedio, por un gran número de unidades de la flota pesquera. Nosotros computamos estas estadísticas tanto para los clípers como para los barcos rederos, pero rutinariamente hemos empleado las derivadas de las operaciones de los barcos de carnada, porque este tipo de barcos, en el pasado por lo menos, efectuó la mayor parte de la pesca de atún pescando en todas las épocas del año y cubriendo toda la zona de la pesquería desde Baja California hasta el Perú. Como la pesca por día de actividad está afectada tanto por la abundancia de las poblaciones como por su disponibilidad para la captura, la abundancia aparente no puede ser siempre proporcional a la abundancia real, pero las variaciones en la disponibilidad se compensan sobre una serie de años y hacen que las tendencias en la abundancia aparente sean de utilidad para estimar las tendencias similares en la abundancia real.

El promedio de la pesca de atún aleta amarilla y barrilete por día de actividad se computa para cada una de las seis clases de tamaños de los

* Ver el artículo por Orange y Broadhead en la edición del mes de junio de 1959 de "Pacific Fisherman".

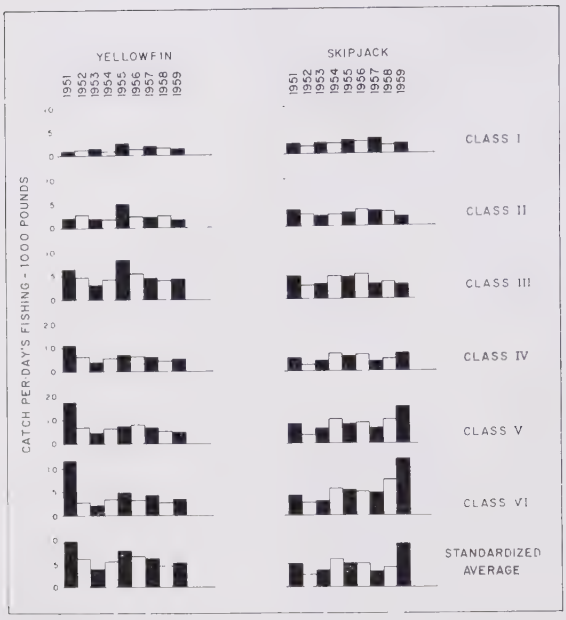


FIGURA 1. Pesca por día de actividad de los clípers, por especies y clases de tamaño de los barcos, 1951-1959.

clípers mediante la aplicación de los factores de eficiencia; estos datos se combinan para lograr una sola estimación de la abundancia aparente en cada año. Estas estimaciones se dan en la Figura 1 por los años 1951-1959. Para los barcos pequeños que pescan en las áreas septentrionales de la zona de la pesquería, no han habido grandes cambios en la abundancia aparente del atún aleta amarilla. Sin embargo, la abundancia aparente encontrada por los grandes clípers (Clases 4, 5 y 6) aumentó un poco durante 1959. El valor promedio estandarizado no puede ser computado todavía porque aún no tenemos a mano los datos completos para calcular los factores de eficiencia, pero parece que ese valor estará muy por encima del calculado para 1958.

La captura por día de actividad en la pesca de barrilete durante 1959 fué mayor que la del año anterior para todas las clases de barcos excepto la Clase 2 y exhibió un considerable aumento en las dos clases más grandes, aumento que ha sido en mucho el más alto valor en años recientes. Esto se atribuye a la extraordinaria abundancia del barrilete en áreas frente al Perú, coincidente con las altas temperaturas del agua en aquella región durante gran parte del año.

Estadísticas sobre carnada correspondientes a 1959

En 1959, aproximadamente el 95 por ciento de la flota de clípers atuneros con base en puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico, llevó registros cuidadosos sobre las cantidades de cada clase de carnada obtenida y la localidad de captura. La pesca de carnada hecha por el cinco por ciento de los barcos que no han llevado registros ha sido

estimada mediante la suposición de que la proporción de la cantidad de cada clase de carnada usada, en relación con la cantidad de atún pescada por dichos barcos es la misma que la proporción de la usada por las embarcaciones de las que sí obtenemos datos completos de los registros de bitácora. Al combinar los datos de los barcos que nos proporcionan registros exactos con las cantidades estimadas para las embarcaciones de cuyos registros no disponemos, se logra la estimación de la captura total de carnada por la flota entera de los Estados Unidos.

En la Tabla 3 aparecen las cantidades estimadas de cada una de las diversas clases de peces de carnada usadas en 1959, con datos comparativos por los años 1954-1958. La Figura 2 muestra gráficamente la pesca de carnada, por clases, por cada año desde 1946. Estas estadísticas no comprenden la carnada que usan los barcos que operan desde puertos de Latinoamérica, ni tampoco las pescas realizadas por unos pocos pequeños barcos de California que ocasionalmente salen a la pesca de atún tropical. Se ha estimado que los barcos de carnada que salieron de puertos latinoamericanos durante 1959 capturaron alrededor de 600,000 "scoops" de peces de carnada.

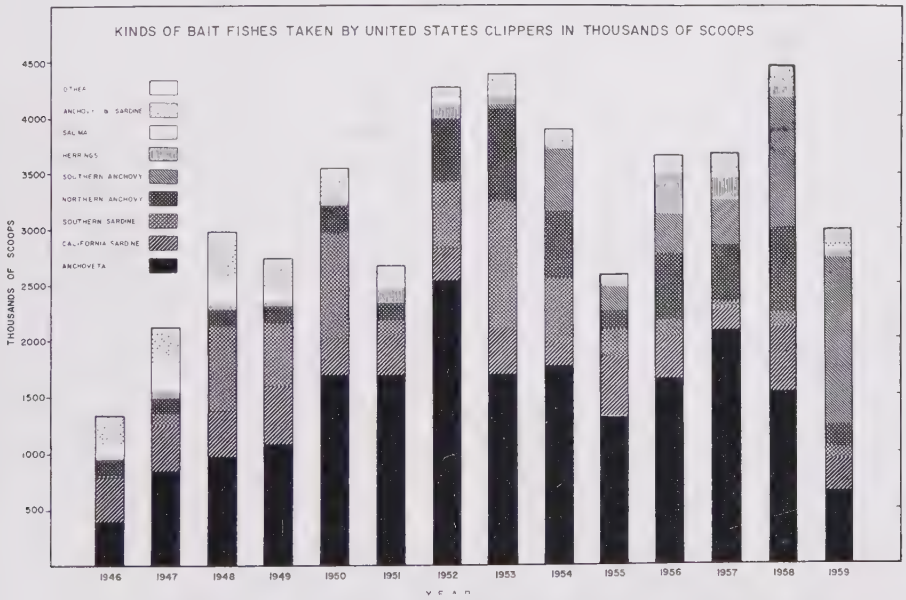


FIGURA 2. Pesca estimada de peces de carnada, por clases, de los barcos atuneros de los Estados Unidos, 1946-1959.

La cantidad total de carnada que empleó la flota de los Estados Unidos bajó de 4,447,000 "scoops" en 1958, a solamente 2,980,000 en 1959. Esta aguda baja en la cantidad de peces de carnada empleada se debió principalmente al apreciable descenso en el esfuerzo de pesca de los barcos de carnada causado por dificultades económicas y por las conversiones a barcos rederos, según se dijo antes.

TABLA 3. CANTIDADES* Y PORCENTAJES ESTIMADOS DE DIVERSAS CLASES DE PECES DE CARNADA PESCADOS POR CLIPERS** DE 1954 A 1959.

	1954		1955		1956		1957		1958		1959	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Anchoveta *(Centengraulis mysticetus)*	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8
Sardina de California *(Sardinops caerulea)*	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7
Sardina sureña *(Sardinops sagax)*	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7
Anchoa norteña *(Engraulis mordax)*	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4
Anchoa sureña *(Engraulis ringens)*	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8
Sardina de California y anchoa norteña mezcladas y no identificadas separadamente	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0
Arenque *(Opisthonema, Harengula)*	49	1.2	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5
Salima *(Xenocys jessiae)*	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8
Misceláneos y no identificados	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3
Totales	3927		2586		3653		3707		4447		2980	

*En miles de "scoops"

**Barcos con base en puertos de la costa occidental de los Estados Unidos por los años 1954-1955, y por 1956-1959 incluye barcos que pescan desde Puerto Rico.

La anchoa sureña *(Engraulis ringens)* fué la más importante especie de carnada usada en 1959, constituyendo el 50 por ciento de la pesca total de carnada. Por primera vez en la pesquería de atún de la posguerra, la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* no fué la principal especie de carnada capturada, constituyendo solamente el 21.8 por ciento de toda la pesca de carnada. La disminución en el empleo de la anchoveta y el aumento correspondiente en la captura de la anchoa sureña, se deben al hecho de que el esfuerzo de pesca de la flota se aplicó mayormente en la región frente a la parte septentrional de Sudamérica en donde, como se dijo antes, hubo una extraordinaria buena pesca de barrilete. Puede decirse que el uso que de la anchoa sureña hacen los barcos de carnada, a pesar de ser grande en relación con otras especies y grande también en comparación con años anteriores, es todavía bastante insignificante con respecto a la captura de esta especie para otros propósitos. Además del enorme consumo que de ella hacen las aves guaneras, la rápidamente creciente pesquería peruana de anchoas para la fabricación de harina de pescado capturó en 1959 alrededor de dos millones de toneladas, cantidad muchísimo mayor que la pescada por la flota de barcos de carnada.

En 1959, en el Golfo de Panamá que es una de las más importantes fuentes de anchoveta para la pesca de atún, a la pesquería de anchoveta para carnada se sumó una pesquería substancial de la misma para su reducción a harina de pescado. En Panamá han estado operando dos fábricas de harina de pescado en los últimos años, pero hasta 1959 solamente muy pequeñas cantidades de anchoveta habían sido usadas por ella. Sin embargo, durante 1959, con la introducción de varios barcos anchoveteros, se pescaron cantidades muy apreciables de esta especie. La pesca de los barcos atuneros, más la realizada para la fabricación de harina de pescado, totalizaron 2,200,000 "scoops" de anchovetas del Golfo de Panamá, que es más del doble de la mayor cosecha anual previamente obtenida. Sin embargo, la abundancia de la población de anchoveta, medida por la pesca-por-día-de-actividad de los barcos atuneros no parece que ha sido muy afectada. Una estimación preliminar de la abundancia aparente es la de 581 "scoops" por día de pesca, lo que está cerca del valor promedio de años anteriores. Se espera que la pesquería para la fabricación de harina de pescado aumentará en el futuro, por lo que es necesario vigilar muy atentamente los efectos que pueda producir en las existencias de anchoveta del Golfo de Panamá.

2. Condiciones actuales de las poblaciones de atún

Mediante el análisis de las series históricas de datos referentes al esfuerzo de pesca, aparente abundancia y pesca total de cada una de las especies tropicales de atún, nos ha sido posible determinar los efectos de la pesca sobre las poblaciones de estas especies en el Océano Pacífico Oriental Tropical y estimar la relación de los presentes niveles de esfuerzo de pesca con el nivel correspondiente al promedio máximo de pesca sos-

tenible. Estos estudios han sido dados a conocer detalladamente en anteriores informes anuales y en publicaciones técnicas contenidas en los *Boletines* de la Comisión. La compilación y el análisis de datos similares sobre una base continua nos permite observar corrientemente las condiciones en que se encuentran las poblaciones de cada especie.

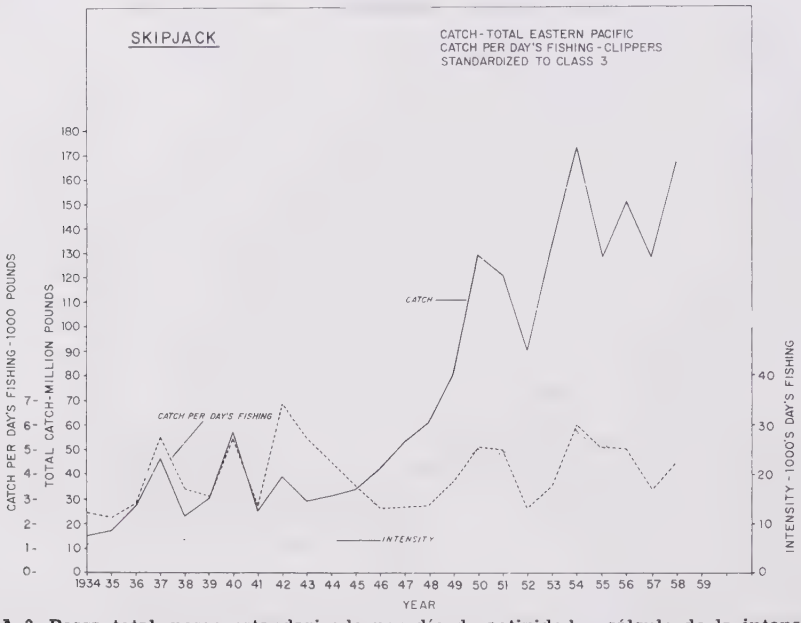

SKIPJACK
CATCH - TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING - CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAY'S FISHING
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59

FIGURA 3. Pesca total, pesca estandarizada por día de actividad y cálculo de la intensidid de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1958.

En la Figura 3 aparecen las series históricas de la medición del esfuerzo de pesca, aparente abundancia y total de la producción de barrilete hasta 1958. En ella puede apreciarse que la abundancia del barrilete en el Pacífico Oriental aumentó en el último año de la serie hasta un valor que sobrepasa ligeramente el promedio a largo tiempo. Esto, junto con el aumento del esfuerzo de pesca, dió como resultado una producción total que alcanzó el más alto nivel en la historia, con excepción del año 1954. No tenemos todavía a mano todos los datos correspondientes a 1959, pero de la Tabla 1 y la Figura 1 es evidente que la aparente abundancia será todavía más alta, sobrepasando mucho el promedio a largo tiempo, y que la producción excederá a la de 1958, alcanzando tal vez una marca histórica. Como se ha hecho notar en informes anteriores, de estos datos resulta evidente que, a los presentes niveles de esfuerzo de pesca, los efectos de la pesca en la población de barrilete del Pacífico Oriental son tan pequeños que no pueden medirse. La abundancia aparente de esta especie fluctúa de un año a otro, pero las fluctuaciones no parecen tener relación con el esfuerzo de pesca y, por consiguiente, indudablemente se deben a las variaciones ambientales independientes de la pesquería. Puede asegurarse que los stocks de barrilete son capaces de mantener una producción mucho mayor de la que al presente se obtiene.

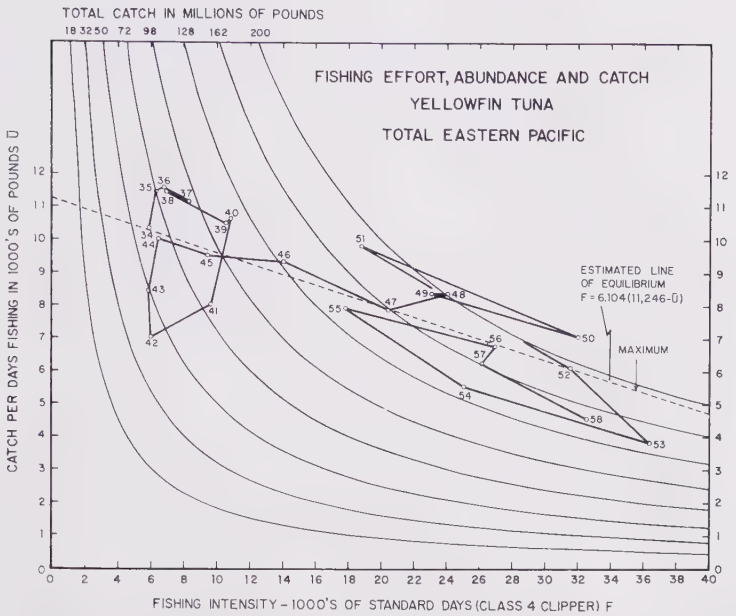

TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL EASTERN PACIFIC
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRIUM F = 6.104 (11,246-U)
MAXIMUM
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS U
FISHING INTENSITY - 1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4 CLIPPER) F

FIGURA 4. Relación entre la intensidad de la pesca, la abundancia aparente y la pesca total de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1958.

Los datos sobre el atún aleta amarilla hasta 1958 aparecen en la Figura 4. La forma de su presentación es diferente de la del barrilete y está basada en los resultados de los estudios teóricos sobre la dinámica de la pesquería del atún aleta amarilla, publicados en el *Boletín* de la Comisión, *Vol. II, No. 6.* En este gráfico, el esfuerzo de pesca está indicado en el eje horizontal, la abundancia en el eje vertical y la captura total (el producto de la abundancia y del esfuerzo de pesca) en las hipérbolas equiláteras. Los valores observados son los puntos correspondientes a los años 1934-1958 conectados por una línea sólida. La línea de puntos rotulada como "línea de equilibrio estimada" representa la relación promedio estimada (basada en los datos hasta 1955) entre el esfuerzo de pesca, la abundancia y la pesca total, cuando la tasa de la pesca se encuentra en equilibrio con la tasa de reemplazo natural de la población; es decir, indica la abundancia promedio y el promedio de producción sostenible con respecto a diferentes valores de la intensidad de la pesca.

Puede verse como el esfuerzo de pesca aumentó notoriamente en 1958, con una disminución en la abundancia y en la pesca total. Los datos del año 1959 aún no están completos, pero por los que tenemos ahora a mano (Tabla 1 y Figura 1) es evidente que aún habrá otra pequeña disminución en la pesca total pero con un aumento en la abundancia, con una merma substancial en el esfuerzo de pesca. El punto de 1959 caerá cerca del punto de 1954. Como en 1958, el punto estará probablemente otra vez debajo del valor esperado. Creemos que esto se debe, en parte por lo menos, a la continua baja disponibilidad de esta especie relacionada

con las anormales condiciones oceanográficas a que nos hemos referido otras veces en este informe. La corriente intensidad de la pesca permanece muy por debajo de la correspondiente al rendimiento máximo sostenible.

Los análisis a que nos hemos referido son aplicados al conglomerado de atunes de cada especie en el Pacífico Oriental Tropical. Si, sin embargo, éstos están compuestos de varias poblaciones separadas, es necesario un análisis más detenido en el estudio de cada stock individualmente. Estudios intensivos de la estructura de la población por medio de la morfometría, marcación y otras técnicas están siendo aplicados con intensidad al problema, de lo que se tratará más adelante en este informe, pero hasta ahora no hemos logrado todavía resultados definitivos que nos permitan proceder a un análisis más detallado de los datos estadísticos de la pesca. De la información de que disponemos parece que los miembros de la población de cada especie en el Pacífico Oriental están sometidos a cierto grado de mezcla, pero que esta mezcla no es ni rápida ni completa en ningún corto período. Al mismo tiempo, sin embargo, por el momento no es posible todavía determinar ningún límite geográfico para las poblaciones. Parece que la estructura de la población de los atunes tropicales es muy compleja y requerirá un correspondiente modelo matemático complejo para un refinado análisis estadístico. Se requiere mayor información respecto a la estructura de la población antes de que tal modelo pueda ser escrito.

3. Fuerza potencial de pesca de las flotas atuneras

Para poder vigilar la habilidad potencial de pesca de atún de las flotas de clípers y barcos rederos que operan desde puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico, computamos para cada año un índice de la capacidad de pesca, como sigue: Para la flota de clípers, el número de barcos de cada clase de tamaño es multiplicado por los factores de eficiencia de esa clase, en relación con una clase de tamaño estándar (Clase 4), y los resultados son sumados para dar el número equivalente de los clípers stándar. De modo similar, para los barcos rederos, el poder de pesca es computado en términos de los números equivalentes de los barcos rederos estándar (Clase 3). Para calcular un índice combinado para ambas flotas, en términos de los equivalentes de los clípers de la Clase 4, el número de barcos rederos estándar se convierte a los equivalentes de los clípers estándar por una razón de "eficiencia" que está compuesta de dos factores (eficiencia relativa de pesca x tasa relativa de operación). La eficiencia relativa de pesca empleada hasta 1958 fué de 0.918 y la tasa relativa de operación fué de 0.579, dando una razón de eficiencie de 0.532.

Durante los años recientes, desde 1957, se han introducido importantes mejoras técnicas en las operaciones de los barcos rederos, lo que probablemente ha resultado en algún aumento en la eficiencia de pesca en relación con los barcos de carnada. También durante 1959, algunos de los grandes clípers han sido convertidos a rederos y estos barcos operan más

días por año que las embarcaciones más pequeñas que formaban el grueso de la flota redera años atrás. En consecuencia se necesitan emplear nuevas razones de eficiencia en 1959.

El reciente aumento en la eficiencia de la flota redera no se puede determinar con exactitud todavía, debido al corto tiempo durante el cual dicha flota ha operado bajo las nuevas condiciones y a la dificultad de separar los efectos de los cambios en la eficiencia de los efectos de las fluctuaciones en la disponibilidad del atún a los dos sistemas de pesca. Por esta razón, en el cálculo del índice del poder potencial de pesca de 1959, hemos retenido, sujeto a posterior modificación, el valor previamente calculado a largo plazo para la eficiencia relativa de pesca.

La tasa relativa de operación fué determinada por la comparación del promedio de días en el mar cada año por cada flota durante el período 1947-1956. Históricamente todos los barcos rederos, excepto los pocos de más de 200 toneladas de capacidad, han pescado atunes tropicales solamente durante una parte del año, mientras que la flota de clípers ha operado cada año todo el tiempo. Sin embargo, los grandes barcos rederos que entraron en la pesquería a fines de 1958 y en el año 1959 como clípers convertidos, han operado a base de tiempo completo y un examen preliminar del número promedio de los días en que estos barcos han estado en el mar indica una pequeña diferencia con el correspondiente a los grandes clípers. En consecuencia, para el año 1959, la tasa original de operación fué usada para las Clases 2 y 3 de los barcos rederos, en tanto que se usó un valor de 1,000 para las Clases 4 y 5 de estos barcos.

Debido a pérdidas en el mar, traslado a puertos extranjeros, conversión para la pesca con redes y a la inactividad de algunos barcos viejos, el índice para los clípers descendió a 132 en el año 1959, un 11 por ciento por debajo del valor de 1958. En los últimos años pocos barcos nuevos han entrado a la pesquería y desde 1951 ha habido una disminución constante en el número de barcos de carnada que operan desde puertos de los Estados Unidos.

De 1948 a 1958 ha habido un descenso gradual en el número de barcos rederos estándar con base en puertos estadounidenses (más o menos hasta la mitad del valor de 1958). Sin embargo, en 1959, con la afluencia de clípers adaptados para la pesca con redes, se produjo un movimiento a la inversa.

Como puede notarse en la Figura 5, en 1959 continuó en descenso el índice combinado del poder potencial de pesca para todos los barcos con base en puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico, hasta llegar a un mínimo de 165 (desde 1951) la capacidad potencial total de pesca. Este descenso, sin embargo, ha sido parcialmente compensado por un aumento en el número de barcos grandes que pescan atún en el Pacífico Oriental Tropical desde puertos extranjeros. Al cerrar el año 1959, hubo

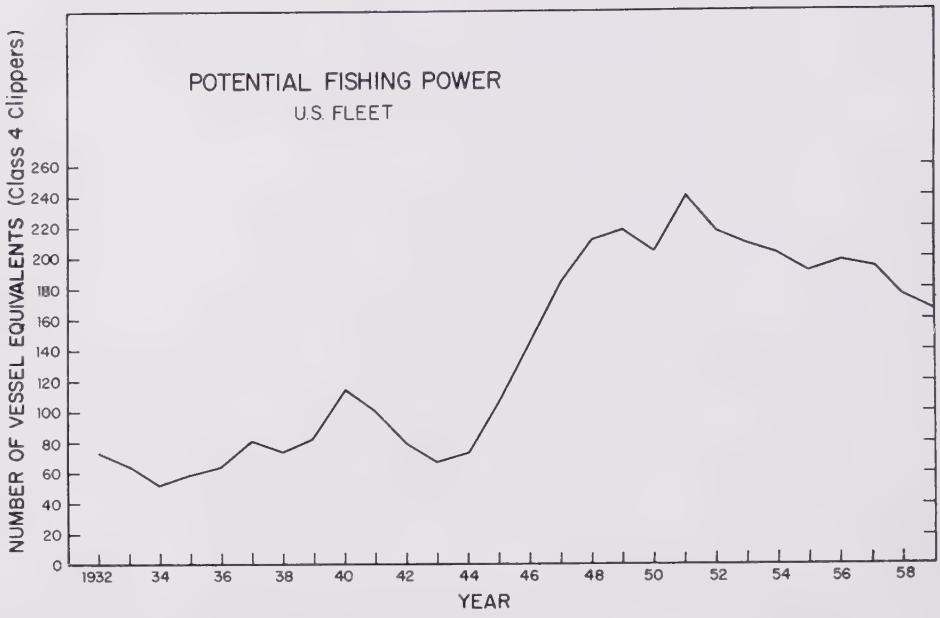


FIGURA 5. Poder potencial de pesca de las flotas atuneras con base en puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico).

11 clípers y 5 barcos rederos pescando desde bases peruanas; 5 clípers y 3 barcos rederos desde puertos mexicanos y un clíper operando desde Costa Rica.

El continuo desgaste de la flota, sin el reemplazo con barcos nuevos, sugiere que hay poca probabilidad de un aumento en el esfuerzo de pesca durante 1960, lo que sería suficiente para alcanzar un nivel correspondiente al máximum de la pesca de equilibrio de los stocks de atún aleta amarilla.

4. Otros estudios de las estadísticas de la pesca de atún

Los datos registrados en los cuadernos de bitácora de los barcos atuneros sirven también para el estudio de los cambios geográficos y temporales en la distribución de los stocks de peces, la distribución del esfuerzo de pesca en relación con la distribución de los peces y algunos aspectos de los hábitos de los atunes.

Cartas trimestrales

Nosotros compilamos rutinariamente en cartas los datos de los registros de bitácora de los barcos de carnada y rederos sobre el esfuerzo de pesca, la captura y la pesca por unidad de esfuerzo por cuadrados de un grado por cada trimestre del año. Estas cartas proveen un medio continuo para observar los cambios en la distribución de los atunes y en la distribución del esfuerzo de pesca, lo que es elemental para comprender los efectos que en la pesquería producen los cambios en las características oceanográficas. Estos datos son también importantes para diversas ramas

de la investigación sobre la biología y la ecología del atún a que nos referimos en otra parte de este informe.

Como estas cartas son también de utilidad para otros científicos y para los pescadores, estamos preparando su publicación incluyendo datos hasta 1958.

Indice de concentración

Como se informó el año pasado, estamos en el proceso de estudiar el grado a que los pescadores están en capacidad de concentrar su esfuerzo de pesca en áreas de una abundancia de atún mayor que la promedio, empleando un "índice de concentración"; el método de computación de este índice fué descrito en el último informe anual. Se calcula individualmente para cada trimestre del año para ambas especies de atunes tropicales. Este estudio es de valor en la investigación de las fluctuaciones en la eficiencia de las operaciones de pesca, así como en el examen del posible "bias" en las estadísticas de la abundancia aparente empleadas rutinariamente, las cuales no toman en cuenta tales variaciones. El estudio de los datos correspondientes al atún aleta amarilla hasta el año 1956 fué completado durante 1958 y, según se informó el año pasado, nos llevó a la conclusión de que el índice anual de concentración promedio es notoriamente constante de un año a otro y, en consecuencia, no hay un apreciable "bias" de esta clase en la pesca por día de actividad rutinariamente computada, como una estimación de abundancia. Los valores del índice por 1957 y 1958 ya han sido computados también y dan el mismo resultado.

Asimismo hemos computado los valores del índice de concentración para el barrilete por cada trimestre de los años 1951 a 1958. Estos muestran variaciones algo más amplias que los valores del atún aleta amarilla, pero los valores medios anuales otra vez son notoriamente constantes en la mayoría de los años. Sin embargo, los valores por los dos últimos trimestres de 1957 y por los cuatro trimestres de 1958 están muy por encima del promedio, lo que se debe probablemente a la concentración del esfuerzo de la flota en las regiones de mayor abundancia de barrilete, particularmente frente al Perú, que se desarrolló durante el período de calentamiento del Pacífico Oriental que comenzó a fines de 1957. Es interesante notar que parece existir muy poca o ninguna relación entre las variaciones en los índices de concentración de las dos especies, aún cuando se necesita un análisis más detallado para llegar a una conclusión firme a este respecto.

Fluctuaciones a corto plazo en el éxito de la pesca

Durante 1959 se comenzó un detallado estudio para examinar los cambios a corto plazo en el éxito de la pesca experimentados por los clípers que pescan en las áreas de Guayaquil y de "las 14 brazas" frente al Perú. Nuestros registros de los cuadernos de bitácora nos proporcionaron la necesaria información para calcular, para el atún aleta amarilla y el barrilete, la pesca estandarizada por día de actividad por cada día

durante el período del 1o. de enero de 1952 al 30 de junio de 1959. Se puede observar una variación considerable en los valores diarios dentro de cada estación, así como una diferencia substancial en el nivel medio del éxito de la pesca entre estaciones. El fenómeno de "El Niño" fué registrado dos veces durante ese período; la primera vez, durante 1953, tuvo corta duración y la segunda vez se prolongó desde fines de 1957 hasta principios de 1959. Estos períodos de aguas cálidas frente al Perú coinciden con una pesca excelente de barrilete en el área de "las 14 brazas" y con una pesca de generalmente resultados mediocres en Guayaquil. Los períodos "normales", o de aguas frías, son caracterizados por cero pescas en el sur y con resultados sobre el promedio en Guayaquil.

Dentro de cada estación hay amplias fluctuaciones de un día a otro en los resultados de la pesca en ambas regiones. Aún más, parece que éstas pueden ser cíclicas por naturaleza y no aleatorias con respecto al tiempo, particularmente si se examina por separado la serie de cada estación. Continuamos en este estudio.

Se hicieron numerosos diagramas de dispersión, por cada período de un mes, considerando el éxito diario en la pesca contra el esfuerzo total de cada día. En las dos áreas estudiadas no se observa correlación entre el número de barcos en actividad y el éxito en la pesca, ya sea de atún aleta amarilla o de barrilete. Sin embargo, parece que, por lo menos en estas áreas, los barcos no se interfieren unos con otros.

5. Investigación sobre la estructura de la población de atún, migraciones y estadísticas vitales

Quizás el problema de mayor urgencia que confronta el personal científico es el de la elucidación de la estructura de las poblaciones y de los diseños migratorios de los atunes tropicales. Esto, como se hizo notar anteriormente, es un requisito previo al análisis más minucioso de la dinámica de las poblaciones de estas especies, que el que se basa en el conglomerado de todos los miembros de cada especie en el Pacífico Oriental. También es requerido como una base para dictar eficientes medidas de regulación de la pesca en el momento en que lleguen a ser necesarias. Desafortunadamente la estructura de la población de estas especies parece ser marcadamente compleja y, en consecuencia, el progreso en la investigación es lento, a pesar de que gran parte de nuestro tiempo y de nuestros fondos se dedica a diversas líneas de investigación que confrontan el problema, incluyendo estudios morfométricos (de los cuales hemos obtenido toda la información que parece posible y por consiguiente se han dado por concluídos), marcación de ejemplares, análisis de la composición de tamaños de la pesca y algunos estudios preliminares sobre genética.

Los estudios sobre la marcación y el análisis de la composición de tamaños de las pescas también nos proporcionan información sobre la edad, crecimiento, tasas de mortalidad y reclutamiento, que se necesita

para la investigación detallada de las dinámicas de las poblaciones de estas especies.

Investigaciones por medio de la marcación de atunes

La forma más directa de investigar los movimientos migratorios del atún de tamaño comercial y de esta manera llegar a un entendimiento de la distribución de las posibles subpoblaciones en el tiempo y en el espacio, es la de marcar especímenes y devolverlos al agua con miras a su recobro. Este sistema ofrece también un medio para medir directamente la tasa de crecimiento. Del diseño temporal de los recobros de marcas es también posible estimar la tasa de pérdida de peces marcados, la cual puede aproximarse a la tasa de mortalidad total de atún de tamaños comerciales.

Los experimentos en la marcación de atunes fueron comenzados por la Comisión en diciembre de 1955. Los dos primeros años del programa se dedicaron primordialmente al desarrollo de los tipos más efectivos de marcas y al perfeccionamiento de las técnicas para marcar y recobrar los peces. Durante 1958 se condujo a gran escala un extenso programa de marcación y recobro. Este programa ha sido continuado durante 1959 en que se marcaron 8,876 atunes aleta amarilla y 16,049 barriletes. La marca de gaza plástica descrita en el informe anual correspondiente al año 1957 fué empleada rutinariamente.

Marcación de atún y recobros

En la Tabla 4 aparece un sumario de los atunes marcados y devueltos al mar, así como los recobros hasta el 31 de diciembre de 1959, en cruceros a cargo de nuestro personal en los laboratorios de San Diego y San Pedro y del personal destacado en Perú y Ecuador. La marcación en California durante 1959 fué hecha en seis cruceros a bordo de barcos pesqueros comerciales en el curso de sus operaciones regulares. Para el crucero No. 27, la Comisión contrató el barco "Mary Jo" con el objeto de marcar y liberar un gran número de atunes en aguas frente a Costa Rica y Panamá de donde había resultado imposible obtener datos adecuados en viajes regulares de pesca y de donde la información es de gran importancia para la elucidación de los movimientos migratorios del atún. La marcación en el Perú se hace durante todo el año con el empleo de embarcaciones que tienen su base en Paita y Máncora; asimismo, nuestro personal destacado en Manta, Ecuador, para efectuar operaciones de marcación en atunes de aquellas aguas utiliza los pequeños barcos que salen a pescar de aquel puerto.

El número de recobros de la marcación hecha durante 1959 no suministra una buena base para la estimación de las tasas de recobro total, porque no ha transcurrido tiempo suficiente como para que se produzcan devoluciones completas. Sin embargo, los recobros de la marcación hasta 1958 sí proporcionan datos bastante firmes ya que la gran mayoría de las devoluciones son hechas durante el primer año después de que los

TABLA 4. MARCACION DE ATUNES Y RECOBROS HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1959

DE CALIFORNIA[1]

Crucero número	Barco	Fecha en que terminó el viaje	Area pescada	Número de peces marcados: Atún aleta amarilla	Número de peces marcados: Barrilete	Número de peces recobrados: Atún aleta amarilla	Número de peces recobrados: Barrilete
Marcados durante 1955-1958				8540	20107	441	329
25	Barcos rederos*	4-16-59	Bajo Golfo de California	414	3	16	—
26	Alphecca	5- 5-59	Banco de las 14 brazas, Perú	78	1119	3	8
27	Mary Jo	4-24-59	Costa Rica, Golfo de Panamá	6331	5992	14	126
28	United States	6-23-59	Banco de las 14 brazas y cerro submarino, Perú	93	631	7	4
29	Carol Virginia	9-30-59	Baja California	179	1084	3	3
30	South Coast	10-24-59	Baja California	448	800	21	10
31	Aphecca	12-23-59	Islas Galápagos	415	326	4	—
			Total — 1959	7958	9955	68	151
DE PAITA Y MANCORA, PERU							
Marcados durante 1956-1958				3037	13250	178	325
Marcados durante 1959							
1er. Trimestre			Perú-Ecuador	80	93	13	5
2do. Trimestre			Perú-Ecuador	—	715	—	5
3er. Trimestre			Perú-Ecuador	560	3255	38	59
4to. Trimestre			Perú-Ecuador	224	659	8	15
			Total — 1959	864	4722	60[2]	84
DE MANTA, ECUADOR							
Marcados durante Nov.-Dic. 1958				17	145	—	—
Marcados durante 1959				54	1732	—	48
			GRAN TOTAL	20470	49911	747	937

* *Jo Ann, Western Fisher, Determined, Ronnie M. y Santa Helena.*

[1] No se incluye: 38 atunes de ojo grande y 82 liberaciones de especies desconocidas marcados durante el Crucero No. 31. El total de marcaciones de California durante 1955-1958 incluye: 382 atunes aleta amarilla y 902 barriletes con marcas de dardo; 186 atunes aleta amarilla y 12 barriletes con marcas de cazonete; los recobros incluyen 8 atunes aleta amarilla y 4 barriletes con marcas de dardo.

[2] Los recobros de atunes aleta amarilla de Perú, 1959, incluyen un ejemplar cuya fecha de hallazgo se desconoce.

peces son devueltos al mar. Los recobros de atunes aleta amarilla de tales liberaciones llegan a 619, de 11,594 que fueron liberados, o sea 5.3 por ciento, en tanto que solamente se han recobrado 654 barriletes marcados de 33,502 que se echaron al agua, o sea 2.0 por ciento. Los recobros de atunes aleta amarilla marcados en California llegan a 5.2 por ciento, comparado con 5.9 por ciento de la marcación en el Perú. En cuanto al barrilete, la tasa de recobro es de 1.6 por ciento para California y de 2.5 para el Perú. Sin embargo, se ha registrado una variabilidad considerable entre los resultados de un crucero y otro y también parece existir algunas diferencias en la tasa de recobro, dependiendo del área en que los peces se marcan y liberan. Las tasas de recobro del barrilete son bastante uniformes en toda la extensión de la pesquería, pero las correspondientes al atún aleta amarilla son más altas para las liberaciones frente a Baja California y frente al Perú y Ecuador que las liberaciones frente a las costas de México meridional y de Centroamérica. La mayor tasa de recobros de barrilete comparada con la de atunes aleta amarilla es consistente con la más baja tasa de explotación de aquella especie, a que nos hemos referido anteriormente al tratar del análisis de las estadísticas de pesca. No son claras las razones de la relativamente baja tasa de recobro de atunes aleta amarilla liberados en la parte media de la extensión de la pesquería. Puede ser que la tasa de explotación sea menor allí, pero también puede ser que el atún aleta amarilla sufra una más alta mortalidad por el manejo cuando se le captura en las aguas más tibias de esta región.

La Tabla 5 presenta las cantidades de atún marcadas y recapturadas, incluyendo todos los datos hasta 1959. Las áreas de marcación pueden verse en las Figuras 6 y 7. En estas figuras, las partes sombreadas indican las localidades en que se marcó y liberó el atún, las cuales han sido agrupadas dentro de once áreas de marcación, como se indica en la Tabla 5. En esta misma tabla, además de las cantidades totales de recaptura hasta el día de los ejemplares liberados en cada área, se muestra el número de "recobros de otra área", esto es, peces que han emigrado del área en que se marcaron y han sido recapturados en otras localidades.

Durante 1958 se experimentó con marcas a base de dardos plásticos. Las tasas de recobro de estas marcas son más o menos las mismas que las de las marcas de gazas plásticas. Se hacen planes para efectuar más ensayos durante 1960 con este tipo de marca, ya que en algunas circunstancias es más conveniente aplicar estas marcas que las de gazas.

Movimientos de atunes marcados

En la Tabla 5 se muestra el número de recobros de ejemplares liberados en cada área de marcación y también el número de peces marcados que han emigrado del área de marcación y han sido recapturados en otras áreas. La dirección del movimiento y las localidades de recaptura de estos "recobros de otra área" pueden verse en las Figuras 6 y 7, para el atún aleta amarilla y barrilete, respectivamente.

TABLA 5. DISTRIBUCION POR AREAS DE LA MARCACION Y RECOBRO DE ATUNES ALETA AMARILLA Y BARRILETE HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1959.

AREAS DE MARCACION	ATUN ALETA AMARILLA				BARRILETE			
	No. de peces marcados	Total de recobros	% rec.	No. de recobros de otras áreas	No. de peces marcados	Total de recobros	% rec.	No. de recobros de otras áreas
Baja California (frente al lado occidental)	4302	349	8.1	5	13447	228	1.7	2
Golfo de California (en el Golfo al norte de los 20°N)	1149	45	3.9	5	391	13	3.3	1
Islas Revillagigedo	297	12	4.0	—	693	8	1.2	—
Costa sur de México (20°N a 15°N)	352	7	2.0	5	69	—	—	—
Guatemala-Nicaragua (15°N a 10°N)	935	2	0.2	—	425	5	1.2	—
Costa Rica-Panamá (10°N a 5°N)	7887	15	0.2	8	6809	131	1.9	30
Islas Galápagos	529	7	1.3	1	751	5	0.7	1
Ecuador-Colombia (5°N a 2°S)	444	3	0.7	1	3905	79	2.0	26
Golfo de Guayaquil (2°S a 5°S)	2582	189	7.3	8	9644	202	2.1	15
Banco de las 14 brazas, Perú	1942	116	5.9	13	12718	250	1.9	14
Límite Perú-Chile	50	1	2.0	—	1059	10	0.9	—
Desconocidas	—	1	—	—	—	6	—	—
Totales	20470[1]	747	3.6	46	49911	937	1.9	89

[1] El número total de atunes aleta amarilla marcados incluye uno liberado cerca de la Isla Clipperton.

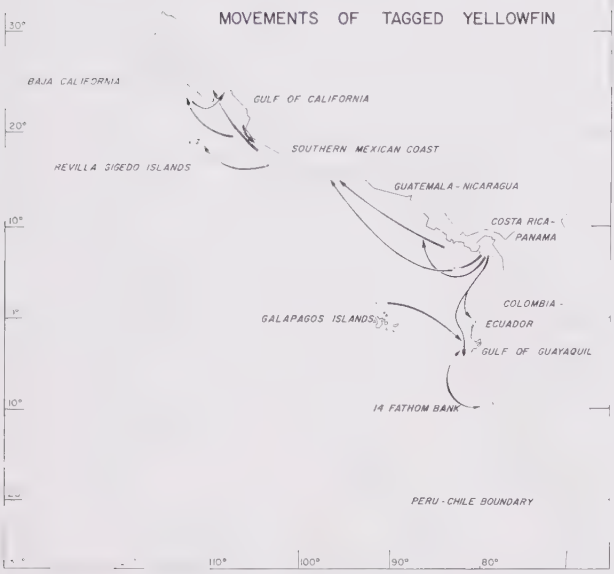


FIGURA 6. Carta que muestra las localidades de marcación y migraciones entre áreas del atún aleta amarilla.

En lo que se refiere al atún aleta amarilla, puede verse cómo se han registrado migraciones de la costa meridional de México al Golfo de California y a los bancos frente a Baja California y sólo un recobro se hizo en las Islas Revillagigedo. Hasta ahora, sin embargo, hemos tenido poca evidencia de un movimiento migratorio de Baja California a las áreas del sur, a pesar de la liberación allí de muchos especímenes marcados. Los recobros de ejemplares de las marcaciones frente al Perú y al Ecuador indican una mezcla considerable, con movimientos migratorios en ambas direcciones, del Golfo de Guayaquil al "banco de las 14 brazas", pero en las áreas del norte no se han recobrado atunes de estas marcaciones. Sólo un pez marcado en las Islas Galápagos ha sido recobrado de la pesca frente a la costa septentrional de Sudamérica. Atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Golfo de Panamá en la primavera de 1959 han mostrado el movimiento más extenso. De 15 recapturas, 8 han sido de otras áreas. En la Figura 6 se puede ver que estos peces han recorrido considerables distancias tanto hacia el norte como hacia el sur.

Según puede verse en la Tabla 5, barriletes marcados al norte de la América Central han exhibido pocos movimientos migratorios entre las áreas de marcación. Dos especímenes marcados en el verano de 1958 frente a la parte más meridional de Baja California fueron recobrados cerca de San Diego, muy hacia el norte, en el verano de 1959, durante una intrusión de aguas tibias frente a la parte sur de California. En la región entre Colombia y Perú ha habido un considerable movimiento entre áreas en ambas direcciones. De la marcación frente a Panamá en la primavera de 1959 ha habido un número de recobros relativamente grande en áreas

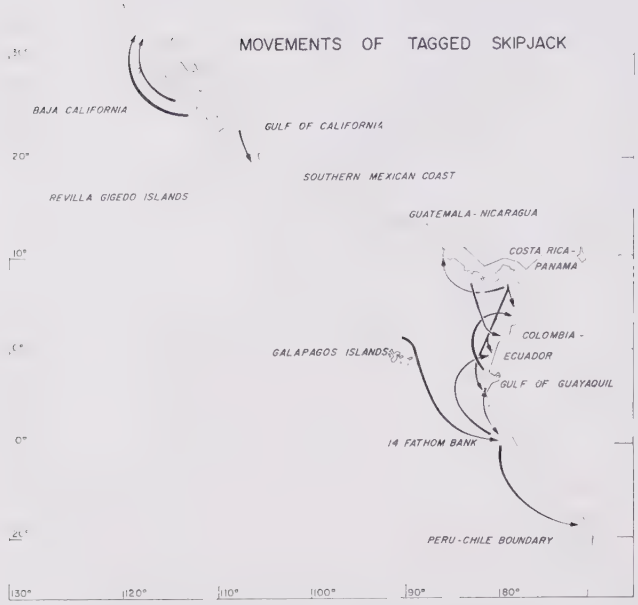


FIGURA 7. Carta que muestra las localidades de marcación y migraciones entre áreas del barrilete.

situadas tan hacia el sur como la parte norte del Perú. En cuanto al atún aleta amarilla, la proporción de recobros de "otras áreas" de estos experimentos es notablemente mayor que la efectuada en cualquier otra parte.

A fin de examinar la naturaleza general de la dispersión de peces marcados desde la localidad de la marcación, hemos preparado la Figura 8 en la que el cuadrado medio de la distancia del movimiento se ha graficado contra el tiempo. Se emplea el cuadrado de la distancia porque si los movimientos fueran puramente aleatorios, el cuadrado medio de la distancia aumentaría linealmente con el tiempo. Puede observarse que, para ambas especies, hay algo más implicado que un movimiento aleatorio. En lo que respecta al atún aleta amarilla, el cuadrado medio de la distancia aumenta hasta alrededor de 180 días, luego disminuye, alcanzando menos de 200 millas la raíz cuadrada del cuadrado medio de la distancia (la escala a la derecha de cada gráfico). En los diseños migratorios hay indicación de que existe un ciclo anual, tendiendo los peces a regresar después de un año a las vecindades en que fueron marcados y liberados. El diseño de la dispersión migratoria es similar para el atún aleta amarilla al norte y al sur de los 15° N. de latitud, como se ilustra en el gráfico inferior de la izquierda.

El barrilete exhibe un cuadro más completo. Cuando se combinan todos los recobros (gráfico superior de la derecha), la raíz cuadrada del cuadrado medio de la distancia se ve que crece hasta un máximum de 260 millas después de unos pocos meses y luego se mantiene casi constante excepto por el único recobro que se efectuó a corta distancia después de 450 días. Al separar los datos por áreas de marcación, dentro de dos

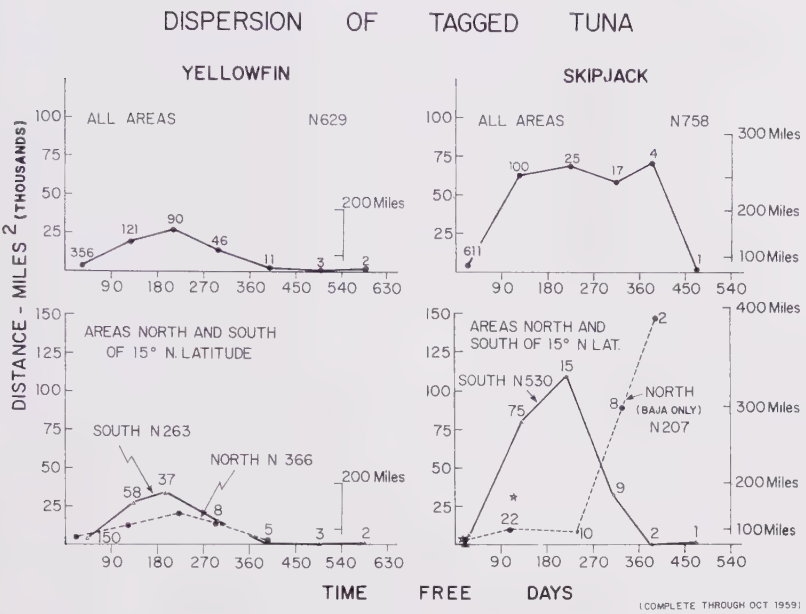


FIGURA 8. Dispersión de los atunes marcados.

grupos, al norte y al sur de los 15° N. (gráfico inferior de la derecha), puede verse que en la región sur el diseño de la dispersión migratoria exhibe un ciclo anual; la raíz cuadrada del cuadrado medio de la distancia alcanza un valor de algo más de 300 millas durante la primera mitad del año, luego disminuye hasta un valor muy bajo después de un año. Sin embargo, barriletes marcados al norte de los 15° N. muestran poca evidencia de un ciclo migratorio anual. La raíz cuadrada del cuadrado medio de la distancia es de un bajo valor hasta los 270 días, luego este valor aumenta rápidamente, como si los peces se movieran completamente fuera de la región de la pesquería.

Es obvio que se necesitan mayores datos para que podamos lograr un completo conocimiento de los movimientos migratorios de estas especies. Particularmente se requiere efectuar marcaciones en el área justamente al norte del Golfo de Tehuantepec, que puede estar cerca del límite de una subpoblación. Esperamos realizar este experimento en la próxima primavera en un crucero en un barco alquilado.

Crecimiento

Un medio directo de medir el crecimiento del atún es el de observar el aumento en el tamaño de los peces entre su marcación y recobro. Sin embargo, como estas especies son muy delicadas, y la velocidad en su manejo durante la marcación es un importante prerequisito para que puedan sobrevivir, no hemos tomado medidas precisas en el momento de marcar los atunes, sino que los encargados de hacer la marcación estiman simplemente la longitud del pez generalmente hasta los 5 centímetros más próximos; al recobrarlos, sí se hacen mediciones precisas de la longitud.

Cuando los aumentos en la longitud resultantes entre las dos mediciones se grafican contra el tiempo (Figura 9), hay una amplia dispersión de puntos debido a la imprecisión de las estimaciones de la longitud inicial y a las variaciones individuales en la tasa de crecimiento. Sin embargo, cuando se computan los valores medios por cada período de 90 días de libertad y se ajusta una línea de regresión, se encuentra que pasa muy cerca del origen indicando que los errores de estimación son compensatorios. Para el atún aleta amarilla, la regresión del aumento de la longitud media sobre el tiempo, así computada, es de 256 mm. por año. La mayoría de los peces median entre 500 y 650 mm. de longitud al ser marcados, aún cuando algunos pocos llegaron hasta 750 mm. La regresión similar para el barrilete nos lleva a estimar una tasa de crecimiento de 121 mm. por año, aunque ésta probablemente no es muy precisa debido a la falta de muchos recobros más allá de 6 meses de libertad. El tamaño del barrilete al momento de la marcación fué casi siempre entre 400 y 550 mm.

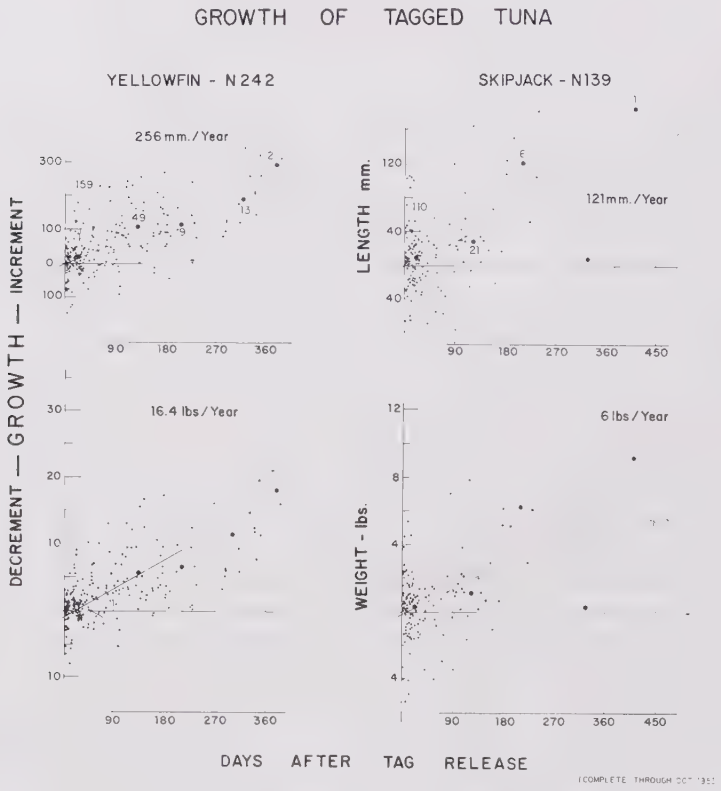


FIGURA 9. Crecimiento de los atunes marcados.

También se han computado estimaciones similares del aumento del peso medio. Los pesos al momento de la marcación fueron computados por las longitudes estimadas y los pesos al momento del recobro también fueron estimados por las medidas de longitud, excepto cuando el pescado se pesó

en el momento del recobro. Los resultantes aumentos estimados fueron de 16.4 libras por año en los pequeños atunes aleta amarilla marcados y de 6 libras por año en los barriletes.

Estimaciones de la mortalidad

Hemos dicho anteriormente que las especies tropicales de atún crecen con bastante rapidez y tienen corta vida, por lo que la pesquería comercial es mantenida solamente por unas pocas clases de edades. Es deseable, entonces, conocer la proporción en que los peces cuantitativamente desaparecen de la pesquería. Esto se puede lograr mediante el conocimiento de la tasa de la merma de las clases de edades en la pesca comercial, estimada de los datos de la composición de tamaños y la abundancia (ver página 123). También puede estimarse por la tasa en que los recobros de peces marcados disminuye con el tiempo. En este último caso, la tasa de disminución incluye no solamente la "mortalidad", es decir, la desaparición por muerte o por captura, sino también las posibles pérdidas de marcas, lo mismo que los efectos de la emigración de peces marcados del área en que se devuelven al mar (i.e., el área de la pesquería comercial) a otras áreas que no son explotadas por la pesca. La tasa de la merma de los peces marcados nos lleva de esta manera a una máxima estimación de la tasa de mortalidad.

Para estimar la tasa de disminución solamente pueden emplearse aquellas marcas de ejemplares que han estado en libertad un período de tiempo igual o mayor que el período sobre el cual ha de hacerse la estimación. De modo que para computar la tasa de disminución durante año y medio después de la marcación, todos los peces tienen que haber estado en libertad por lo menos este período de tiempo. Usando los recobros de marcas hasta 1959 de las liberaciones hechas hasta el 31 de diciembre de 1957, hemos calculado una tasa de disminución anual en el atún aleta amarilla de 95.7 por ciento y de 98.2 por ciento en el barrilete. En cada caso, el número de recobros graficado contra el tiempo cae bastante cerca de la curva de disminución exponencial, indicando que la tasa de disminución, para cada especie, es constante durante año y medio después de la marcación cuando menos (en los tamaños de los peces objeto de nuestro estudio).

Composición de tamaños de la pesca comercial y estudios relacionados con ella

Los datos básicos sobre la composición de tamaños de la pesca comercial se obtienen mediante la medición continua y rutinaria de las frecuencias de tamaño de las muestras obtenidas de los desembarques de atún aleta amarilla y barrilete en San Diego y San Pedro, California; en Puntarenas, Costa Rica; y en los puertos al norte del Perú y en el Ecuador. Para este propósito, las regiones de pesca del Pacífico Oriental han sido divididas en 14 áreas de muestreo (Figura 10) y de cada una de ellas se

obtiene cada mes, hasta donde es posible, un número adecuado de muestras capaces de describir la composición de tamaños de las pescas de atún en cada área. Los datos resultantes nos suministran la base para estimar las tasas de crecimiento, la abundancia relativa de las clases anuales y las tasas de mortalidad y para estudiar la estructura de la población mediante la comparación de las características de la composición de tamaños entre áreas. Nos hemos dedicado principalmente al análisis de los datos correspondientes al atún aleta amarilla, pero también se ha hecho algún comienzo con los del barrilete.

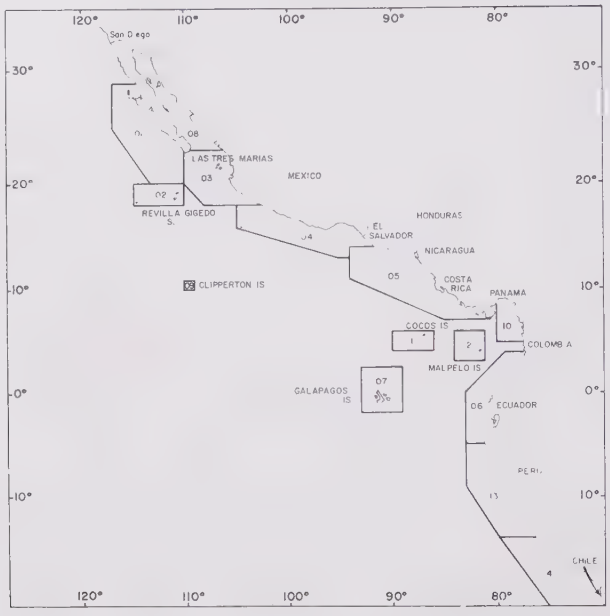


FIGURA 10. Areas de muestreo para la composición de tamaños.

Atún aleta amarilla

Como se consignó en el Informe Anual correspondiente a 1958, se ha encontrado que existe una buena correspondencia en la ocurrencia de modos en las curvas de frecuencias de tamaños para las áreas del norte (01, 02, 03 y 04), indicando que el mayor componente de la población, por lo menos, es común a la región entera. La curva de crecimiento de esta población, durante la mayor parte del lapso de su vida dentro de la pesquería, se ilustra en la Figura 11. En esta figura se han graficado las longitudes modales y los correspondientes pesos calculados del atún aleta amarilla del Area 02, contra el mes de captura, para las clases anuales 1953, 1954 y 1955, desde el tamaño de unos 60 cm., cuando los peces ya están ampliamente disponibles a la pesquería. Los valores modales de tamaños menores han sido omitidos, porque en estos tamaños hay evidente selectividad de la pesquería y así los tamaños modales son sobreestimados. Una curva, siguiendo una fórmula de von Bertalanffy, que se ha encon-

trado describe el crecimiento de muchos peces, ha sido ajustada para las longitudes modales en cada caso. También se muestran curvas que indican el aumento en el peso; estas curvas se han obtenido mediante la conversión de la longitud a peso en un momento dado, por la relación entre tamaño y peso determinada previamente. La edad estimada, en meses, se basa en la información de los estudios sobre el desove del atún de que el punto más alto en el período de desove de esta población es alrededor del mes de agosto, de modo que los peces que aparecen en la pesca en diciembre a un tamaño modal de alrededor de 60 cm. pueden ser de 4, 16 ó 28 meses de edad. Dieciséis meses es la única decisión razonable, si se considera la subsecuente forma de la curva de crecimiento. Obsérvese que hay alguna variabilidad en la tasa de crecimiento de las diferentes clases anuales. Los puntos de inflexión de la curva de aumento en el peso se indican para cada clase anual. Estos son de interés porque, de acuerdo con la fórmula de von Bertalanffy, el punto de inflexión ocurre a 1/3 del promedio del peso último alcanzado.

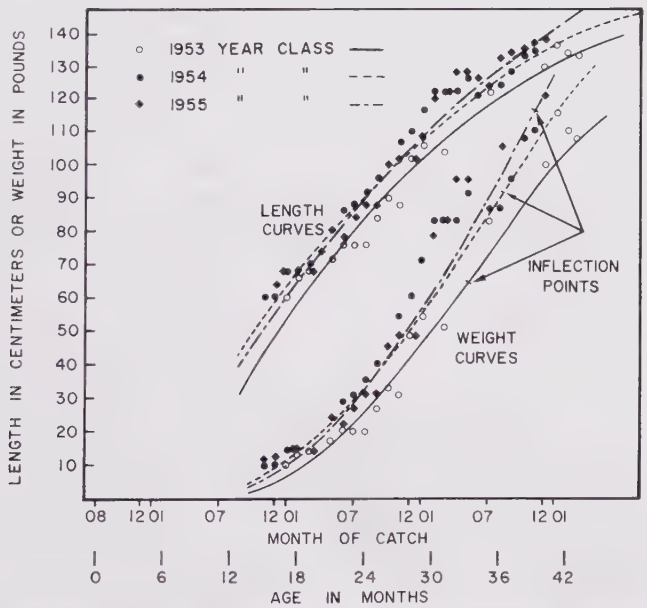


FIGURA 11. Curvas de crecimiento del atún aleta amarilla, Area 02.

Se ha hallado también que las frecuencias de tamaño del atún aleta amarilla en las áreas del sur (06, 07, 13 y 14) muestran buena correspondencia en sus modos, encontrándose de nuevo predominantemente una sola serie de clases anuales sucesivas, aún cuando, como sucede en las áreas del norte, esporádicamente hay otros grupos de tamaños. Sin embargo, la pesca del área central (05) no se ajusta a este diseño. En éste parece haber dos series de sucesivas clases anuales que ocurren regularmente; es decir, cada año, dos distintas series paralelas de grupos de tamaños modales están presentes en la pesca, representando ambas clases anuales que entran en

la pesquería en diferentes épocas del año, una que llega a quedar bien reclutada en el invierno y la otra en el verano. Esto sugiere que la ocurrencia de peces puede provenir de dos stocks de desove originados en diferentes épocas, aunque también existe la posibilidad de un solo stock con un doble período anual de desove. Una más amplia investigación sobre los diseños de aparición de grupos de tamaños en diferentes áreas, junto con los resultados de la marcación, nos dirigirán hacia hipótesis fructíferas respecto a la interrelación de los stocks de diferentes áreas.

A pesar de que parecen existir ciertas diferencias en la estructura de las clases anuales de las poblaciones que se encuentran en las regiones del norte, centro y sur, como se ha dicho anteriormente, las tasas de crecimiento del atún aleta amarilla en las tres regiones son bastante similares. Esto puede demostrarse al tabular durante el siguiente año calendario las tasas de crecimiento mensual de las clases anuales que en cada una de las tres áreas aparecen en la pesquería a una longitud modal de unos 60 cm. en el mes de enero; es decir, las tasas de crecimiento de los peces durante el año siguiente a la edad de año y medio aproximadamente. Estas tasas de crecimiento son computadas mediante el ajuste de las regresiones lineares a la longitud modal, contra el tiempo; ya que, como puede verse en la Figura 11, el aumento en la longitud es casi linear durante este período de la vida de los peces. Puede observarse cómo las tasas de crecimiento computadas son significativamente mayores que las tasas de crecimiento inferidas de los atunes marcados, aún cuando éstos, en su mayoría, eran más o menos del mismo tamaño que los atunes a que nos referimos aquí. Esto puede indicar que la operación de marcación resulta en una subsecuente disminución en el crecimiento. Un fenómeno similar ha sido observado en otras especies de peces.

TABLA 6. COMPARACION DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO DE LAS CLASES ANUALES DE ATUN ALETA AMARILLA EN TRES REGIONES DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL TROPICAL, ENTRE LAS EDADES APROXIMADAS DE 18 Y 30 MESES (EN CENTIMETROS POR MES).

Año de crecimiento	Región Norte	Región Central	Región Sur
1955	3.2	—	2.8
1956	4.1	—	3.8
1957	3.7	3.3	3.5
1958	3.1	3.9	3.4
Promedio	3.5	3.7	3.4

Combinando los datos sobre frecuencias de longitud con los índices de abundancia de la pesca-por-unidad-de-esfuerzo, es posible computar para cada área de muestreo la relativa abundancia de los diversos grupos de tamaños. Estas computaciones se efectúan rutinariamente conforme llegan los datos y serán usadas para estimar las variaciones en la abundancia de la clase anual. La disminución en la abundancia de una determinada clase

anual en períodos sucesivos de tiempo puede también ser empleada para estimar las tasas de mortalidad. Esto ya se ha hecho con las clases anuales del atún aleta amarilla de 1953, 1954 y 1955 en las Areas 01 y 02. Las tasas en la disminución de la abundancia nos llevan a la estimación de una mortalidad total anual de 89 por ciento en el Area 01 y de 86 por ciento en el Area 02. Téngase en cuenta que la tasa de desaparición de atunes aleta amarilla marcados fué mucho mayor, siendo de 95.7 por ciento. La diferencia es atribuible, sin duda, bien a la pérdida de marcas o a la emigración de peces marcados.

Barrilete

Como se dijo anteriormente, se ha dado principal atención al análisis de los datos del atún aleta amarilla, porque la información sobre esta especie se requiere con mayor urgencia. Sin embargo, se ha hecho algún examen preliminar de la tasa de crecimiento del barrilete. Generalmente existen clases anuales en la pesca de barrilete por un período de 17 meses o menos. En el Area 05, en donde los datos han sido examinados con cierto detalle, los peces entran en la pesquería cuando miden unos 45 cm. y alcanzan 60 cm. un año después. De allí en adelante la curva de crecimiento parece descender rápidamente. Se considera que los peces entrantes tienen un año o dos de edad, lo que implica un período de vida muy corto. Sin embargo, la rápida disminución del barrilete en la pesquería puede no ser debida enteramente a la mortalidad, sino que puede atribuirse a la emigración de los peces que sobrepasan cierto tamaño hacia áreas de alta mar fuera de la zona de la pesquería costera. Vamos a dar mayor énfasis a los estudios del barrilete cuando hayan sido terminados los estudios del atún aleta amarilla.

Selectividad de los sistemas de pesca

Para pescar el atún en el Pacífico Oriental se emplean barcos de carnada y barcos rederos. Debido a la diferencia entre los dos métodos de pesca empleados por ambos tipos de embarcaciones, existe la posibilidad de que sea distinta la relativa selectividad en cuanto a los tamaños de los peces. Es de interés determinar si esto es verdad o no, y con este propósito hemos comparado la composición de tamaños de la pesca de los barcos de carnada y de los barcos rederos que han operado en las mismas áreas durante las mismas épocas.

La comparación estadística de los datos de las frecuencias de longitud ha incluído: comparar el tamaño medio estimado de los grupos de edades similares y comparar las proporciones relativas de los grupos de edades en los desembarques de los barcos de carnada y de los rederos. Los resultados indican que, tanto para el atún aleta amarilla como para el barrilete, no hay diferencias de significación entre los dos métodos de pesca en lo que se refiere al tamaño promedio de los grupos de edades, excepto posiblemente dentro de los grupos de mayor edad. Sin embargo, los barcos

rederos muestran la tendencia de capturar una mayor proporción de atunes aleta amarilla más grandes y más viejos, por lo que, en promedio, descargan pescados de esta especie de tamaños mayores que los que desembarcan los barcos de carnada. En cuanto al barrilete, las proporciones relativas de los grupos de tamaños sucesivos en los desembarques son bastante similares para los dos sistemas de pesca.

Relaciones entre longitud y peso

Durante el año se terminó y publicó un estudio sobre las relaciones entre longitud y peso de los atunes aleta amarilla y barrilete provenientes de diferentes áreas del Pacífico Oriental. Se encontró una sola regresión del logaritmo del peso sobre el logaritmo de la longitud ($\log_{10}$ W = 3.020 $\log_{10}$ L − 7.410) para describir adecuadamente la relación para el atún aleta amarilla de todas las áreas. Sin embargo, para el barrilete hay una mayor variabilidad entre las áreas. Para ciertos casos, al convertir la longitud en peso, es aconsejable usar regresiones para cada área individualmente, aún cuando para muchos propósitos resulta adecuada una regresión promedio del logaritmo del peso sobre el logaritmo de la longitud para toda la estensión del Pacífico Oriental; esta relación promedio es: $\log_{10}$ W = 3.265 $\log_{10}$ L − 8.051.

Cambios en la composición de tamaños reflejados en los registros de las plantas enlatadoras

Durante el año hemos recolectado, tabulado y analizado datos adicionales referentes a la composición de tamaños de la pesca, provenientes de los informes de la sección de cocimiento de las plantas enlatadoras de atún. Los informes en referencia dan el número de pescados procesados según varias categorías de tamaños determinadas por el número de pescados que pueden colocarse en una cesta para cocinar de tamaño estándar. Una estimación aproximada de la composición de tamaños de la pesca se obtiene al tabular el número de cestas de cada categoría de tamaño procesadas anualmente y al computar el respectivo porcentaje del número total de cestas procesadas. Las compañías enlatadoras de San Diego y San Pedro han mantenido registros anuales completos de los informes diarios hechos por las secciones de cocimiento durante los cinco a trece años últimos. De este modo, los registros nos han proporcionado datos sobre la composición de tamaños de la pesca correspondiente a años anteriores a la fecha de iniciación de nuestro programa de mediciones en el mercado y, en consecuencia, son valiosos para comparar, por los años pasados, los cambios en conjunto en la composición de tamaños de la pesca coincidentes con los cambios en la aparente abundancia, intensidad de pesca y expansión de la pesquería.

Los resultados del estudio muestran que el tamaño medio del atún aleta amarilla ha cambiado como reacción a los cambios en el esfuerzo de pesca, en tanto que las variaciones del tamaño medio del barrilete han

ocurrido independientemente de las variaciones en la intensidad de la pesca. Estos resultados confirman los de otros estudios que han indicado que la pesquería del barrilete es de tan baja intensidad que no ha llegado a producir efectos apreciables en la población de peces, mientras que la pesquería de atún aleta amarilla tiene marcados efectos en los stocks de esta especie.

Genética del atún

Como algunas clases de antígenos en la sangre de los peces se determinan genéticamente, la sangre del atún puede ser útil para la investigación de la estructura de la población. En cooperación con el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, en 1958 iniciamos una investigación preliminar de la serología de la sangre de los atunes.

Se han preparado sueros mediante la inmunización de carneros y pollos con sangre de atún de varias partes del Océano Pacífico, pero aún no han sido probados extensamente.

En la sangre del bonito *(Sarda chiliensis)*, hemos ensayado un método que, hasta donde sabemos, no ha sido empleado todavía como un medio para estudiar las poblaciones de peces. Este método, en vez de emplear reactivos hechos de sueros naturales o inmunes, se basa en el uso de fito-hemaglutinantes. Estos fito-hemaglutinantes, que son mucho más fáciles de preparar que los reactivos del suero de la sangre, se emplean casi en la misma forma que los reactivos de suero, en los que las reacciones positivas se manifiestan por la agrupación de células de sangre roja. Se experimentará con los fito-hemaglutinantes durante 1960 para comparar la sangre de los atunes de diversas partes del Océano Pacífico.

6. Otros aspectos de la biología y hábitos del atún

Durante 1959 se ha continuado con diversas líneas de investigación sobre la biología y hábitos del atún, además de las que se han descrito anteriormente.

Alimento de los atunes

Para obtener un muestreo más completo de algunas áreas de la pesquería, durante 1959 se continuó el estudio de los hábitos alimentarios de ambas especies de atún. Casi todas las muestras fueron obtenidos de las mesas de destace de las plantas enlatadoras, pues se ha comprobado que son la mejor fuente para la obtención de esta clase de material. Se muestrearon los peces capturados tanto por barcos rederos como por los barcos de carnada.

La Tabla 7A detalla las clases de alimento que se encontraron predominantemente en los estómagos de los atunes aleta amarilla y barrilete, a saber: (1) crustáceos, (2) peces y (3) cefalópodos (calamares y pulpos). Los crustáceos y los peces son las más importantes categorías para ambas especies; los cefalópodos sólo tienen una importancia menor. El contenido

estomacal de 2,363 atunes aleta amarilla indica que su alimento consiste, por volumen, de 44.8 por ciento de peces, 46.2 por ciento de crustáceos y 8.8 por ciento de cefalópodos. El 23.1 por ciento de los estómagos examinados estaban vacíos. El contenido de los estómagos de 1,351 barriletes revela que su alimento consiste, por volumen, de 62.4 por ciento de crustáceos, 33.4 por ciento de peces y 4.0 por ciento de cefalópodos. El 50 por ciento de los estómagos se encontraron vacíos.

TABLA 7

A. Importancia relativa, por volumen, de peces, crustáceos y cefalópodos como alimento para el atún.

	Atún aleta amarilla	Barrilete
Peces	44.8	33.4
Crustáceos	46.2	62.4
Cefalópodos	8.8	4.0
Otros	0.2	

B. Importancia relativa, por volumen, de los componentes individuales del alimento del atún. (Volumen total examinado para el atún aleta amarilla 160,140.1 ml. y para el barrilete 29,487.4 ml.).

Eufásidos	—	57.6
Pleuroncodes (cangrejo rojo)	36.3	3.8
Vinciquerria lucetia	1.6	11.5
Portúnidos	8.2	—
Cefalópodos (calamares)	8.1	3.4
Triquiúridos	0.1	5.9
Lactoria diaphanus	5.8	—
Tetraodóntidos	5.8	—
Mictófidos (pez linterna)	0.6	5.3
Exocoétidos (peces voladores)	4.1	4.7
Euthynnus lineatus	4.0	—
Auxis	3.9	—
Neothunnus macropterus	1.9	—
Misceláneos	19.6	7.9

El atún aleta amarilla parece que come cualquier cosa viva del mar lo suficientemente pequeña como para ser ingerida y, además, algunos objetos inanimados que al moverse en la superficie pueden parecerle que están vivos. Pequeños cangrejos y megalópodos no más grandes que ¼ de pulgada al través, cangrejos portúnidos, camarones, cangrejos múnidos, vieiras, tamborines, pejes chancho, rapes en estados larvales, anguilas, peces voladores, caballitos de mar, agujas de mar, peces linterna, dorados, calamares, octópodos y aún pequeños atunes aleta amarilla están comprendidos en la dieta tan liberal de esta especie. También hemos encontrado plumas, pedacitos de madera, percebes, algas y aún insectos terrestres en el contenido estomacal del atún aleta amarilla. En los estómagos de esta especie han sido hallados, en resumen, representaciones de 38 familias de peces y de todas las más importantes órdenes de crustáceos, junto con calamares y pulpos.

FIGURA 12. Elementos predominantes en la dieta del atún aleta amarilla en diferentes áreas del Pacífico Oriental.

En la Tabla 7B están anotados los más importantes renglones de alimentos encontrados en los estómagos del atún aleta amarilla y del barrilete. Para ambas especies, el crustáceo es el renglón de mayor importancia encontrado como alimento al examinar el contenido estomacal de los atunes; pero un cangrejo rojo bastante grande es para el atún aleta amarilla y un eufásido muy pequeño parecido al camarón es para el barrilete. Ningún otro renglón contribuye ni con un diez por ciento al volumen total de los alimentos de cualquiera de las dos especies. Para el atún aleta amarilla, otros importantes renglones de alimentos, en orden descendiente de importancia, son Portúnidos, calamares, *Lactoria diaphanus,* Tetraodóntidos, Exocoétidos, *Euthynnus lineatus y Auxis.* Otros importantes artículos en la dieta del barrilete, en orden descendente de importancia, son *Vinciguerria lucetia,* Triquiúbidos, Mictófidos, Exocoétidos y *Pleuroncodes.* Representaciones de 14 familias de peces, todas las principales órdenes de crustáceos y cefalópodos han sido encontrados en los estómagos de barriletes capturados en el Pacífico Oriental.

Para ambas especies de atún predominan diferentes renglones de alimentos en las diversas áreas de todo el Pacífico Oriental (Figuras 12 y 13). El predominio de diferentes renglones de alimentos en localidades espe-

cíficas probablemente no refleja ningún cambio o preferencia en los hábitos alimentarios del atún, sino más bien la distribución y abundancia misma de los animales que sirven de forraje. Por ejemplo, los "cangrejos rojos" rara vez se encuentran abundantemente en los arrastres con redes de plancton al sur de una línea tirada entre las Islas Revillagigedo y Cabo Corrientes, México, y por eso no podría esperarse que fuesen un renglón importante como forraje al sur de este límite. De la misma manera, los cangrejos Portúnidos son encontrados sólo ocasionalmente al norte de dicho límite, así es que estas dos especies simplemente se reemplazan una a otra en las respectivas zonas en donde son renglones predominantes de alimento.

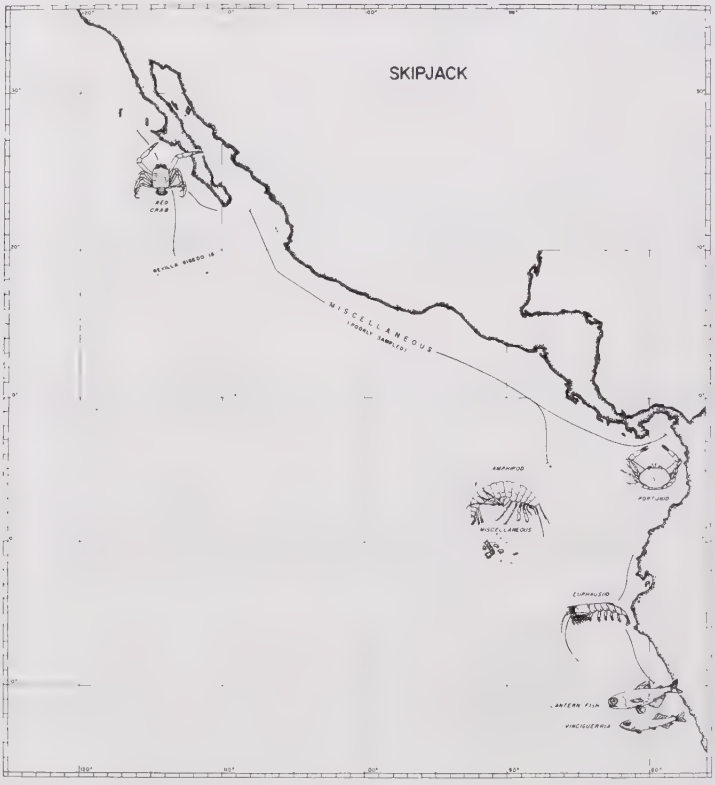


FIGURA 13. Elementos predominantes en la dieta del barrilete en diferentes áreas del Pacífico Oriental.

Evidencia de desove por el examen de gónadas

Inferencias sobre el tiempo y áreas de desove del atún pueden ser hechas mediante el examen de los ovarios de hembras adultas, en la suposición de que la presencia de ovarios en avanzados estados de madurez, o recientemente desovados, es indicativa de desove cerca de la localidad de captura y en una época próxima a la de su aparición. Durante años recientes han sido examinados los ovarios de atunes hembras tomados de los

desembarques comerciales y al presente momento hemos completado el examen de especímenes de casi todas las áreas del Pacífico Oriental Tropical en todas las estaciones del año. Los resultados de este estudio, como se expondrá más adelante, han sido confirmados en general por la presencia de atunes en estados larvales y juveniles, dando así validez a la suposición antes consignada.

La metodología y los resultados del estudio están ahora en proceso de preparación para la publicación de un trabajo técnico. Las principales conclusiones pueden concentrarse como sigue:

Atún aleta amarilla

Esta especie desova en una amplia área del Pacífico Oriental Tropical, en la región de la pesquería comercial de atún, entre los 20° N. y los 2° S. Probablemente también se produce algún desove tan al norte como los 25° N. en el tercer trimestre del año y en la región del Golfo de Guayaquil (4° S.) durante el primer trimestre.

La región frente a la costa de México meridional parece ser un área importante de desove, en la cual puede ocurrir algún desove durante gran parte del año, aunque la mayor abundancia de hembras con gónadas en avanzados estados de madurez y, en consecuencia, la principal época de desove, es durante el segundo y el tercer trimestres.

En la región adyacente a las costas de Costa Rica y Panamá, la incidencia de ovarios en avanzada madurez indica que se efectúa desove durante todo el año, con su punto máximo en el primer trimestre.

En las Islas Revillagigedo los ovarios en estado avanzado indicativo de desove aparecen principalmente en el segundo y el tercer trimestres y el punto máximo es más o menos en el mes de agosto.

También hay alguna evidencia de desove en las vecindades de las Islas Galápagos durante el primero y el tercer trimestres.

Barrilete

Hay poca evidencia de desove en cualesquiera de las áreas a lo largo de la costa continental y en cambio sí se encuentran gónadas avanzadas en las vecindades de las islas situadas mar afuera —las Revillagigedo, la Isla del Coco y posiblemente las Islas Galápagos y Clipperton. Parece que esta especie desova principalmente en zonas muy apartadas de la costa, en contraste con el atún aleta amarilla que desova tanto mar afuera como cerca de la costa, predominando tal vez el desove en las áreas costeras.

El tamaño mínimo estimado que tiene el atún al desovar por primera vez varía entre áreas para ambas especies. El atún aleta amarilla en aguas frente a la América Central madura a un tamaño mínimo considerablemente más pequeño que en el área de las Islas Revillagigedo. De modo similar, el barrilete en las vecindades de la Isla del Coco se encuentra en estados de avanzada madurez a menor tamaño que en las Islas Revillagi-

gedo. Estas diferencias en el tamaño a la primera madurez pueden representar significativas diferencias de población.

Fecundidad de los atunes

Durante 1958 y 1959 se han hecho estudios de los ovarios de atunes en avanzados estados de madurez para determinar el número de huevos presentes en el grupo de ovas en maduración. Se han examinado 44 atunes dentro de una considerable variedad de tamaños. El número de huevos aumenta rápidamente con el aumento del tamaño del pez. Las cantidades aproximadas de huevos puestos por atunes hembras de diversas longitudes son las siguientes: un millón al medir 80 cm., 2.2 millones a los 100 cm., 3.8 millones a los 120 cm. y 5.5 millones a los 140 cm.; sin embargo, hay un amplio margen de variación de un individuo a otro. Un examen preliminar de los datos resultantes indica que la fecundidad varía entre áreas para los mismos tamaños de peces.

No se encontraron ovarios de barrilete apropiados para este estudio hasta noviembre, cuando en la boca del Golfo de California obtuvimos 14 hembras en avanzados estados de madurez. Estas muestras no han sido procesadas todavía.

Estados larvales y juveniles

Nuestros experimentos de marcación evidencian que el atún aleta amarilla y el barrilete son capaces de recorrer distancias mayores de 100 millas en sólo unos pocos días. En consecuencia, la captura de un pez con gónadas maduras no indica necesariamente que este pez iba a desovar en el área en que se le pescó. Por otra parte, la presencia de atunes en los primeros estados proporciona una evidencia directa de un reciente desove en las vecindades, ya que el traslado pasivo de huevos y larvas a causa de las corrientes oceánicas no es muy extenso. Se cree que dentro del Pacífico Oriental Tropical, por lo menos, este movimiento pasivo es insignificante. Consecuentemente, la recolección de larvas y de atunes juveniles en el área de nuestra investigación contribuye en forma importante a la delineación de las áreas y épocas de desove.

Durante 1959 fueron examinadas e identificadas numerosas colecciones adicionales de larvas y juveniles de atún del Océano Pacífico Oriental. Este material se originó de las pescas hechas por medio de arrastres con redes de plancton y por medio de redes de mano, a bordo de barcos de investigación y de pesqueros comerciales; la parte más importante del material se obtuvo de los siguientes cruceros: Expedición "Scot" en aguas entre California y Panamá, en la primavera de 1958; (2) Crucero T0 5802, del Tuna Oceanography Group de la Institución Scripps, en aguas entre California y el Golfo de Tehuantepec, al comienzo del invierno de 1958; (3) Crucero T0 59-01, del mismo Grupo, en aguas entre California y el Domo de Costa Rica, a mediados del invierno de 1959; (4) Crucero T0 59-02, del mismo Grupo, en aguas entre California y el Golfo de Tehuan-

tepec, a fines del verano de 1959; y (5) Crucero al Domo de Costa Rica, en aguas de Costa Rica y en las vecindades de la Isla del Coco. El material de los cruceros (4) y (5) no ha sido todavía clasificado en su totalidad.

Desde noviembre de 1958, el personal de nuestro laboratorio de Puntarenas ha venido efectuando un estudio de la actividad de desove del atún en las vecindades de Cabo Blanco, Costa Rica. La recolección se hace durante unos pocos días de cada mes en una embarcación local, a una distancia entre 5 y 20 millas de Cabo Blanco. La siguiente tabla muestra los resultados de las pescas mensuales (expresados en número de individuos de las diferentes especies de atún) hechas por medio de arrastres con redes de plancton y redes de mano durante estos viajes:

1958:	XI	XII	1959: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	XI
Atún aleta amarilla	1	5	0	28	42	28	5	10	0	0	15	6
Barrilete negro	5	0	51	9	19	250	13	2	0	6	18	5
Caballa	16	24	177	82	210	264	210	67	171	3	17	7

En esta tabla no se dan las cifras correspondientes a octubre y noviembre de 1959 porque fué imposible hacer recolecciones debido a fallas de la embarcación.

La información obtenida de estas diversas recolecciones, junto con la de los años anteriores, nos proporciona el material de fondo para la formación de un cuadro sobre las actividades de desove del atún en algunas partes del Océano Pacífico Oriental. Es de importancia el hecho de que esta información, independientemente de los estudios de las gónadas, nos proporciona un cuadro que, en conjunto, está en concordancia con los resultados de los estudios de las gónadas.

Atún aleta amarilla

El desove ocurre en aguas costeras desde Baja California hasta los 2° S. más o menos, frente al Ecuador, lo mismo que mar afuera en la vecindad de islas apartadas de la costa como las Revillagigedo, Clipperton y del Coco, y también en otras partes de alta mar al norte del Ecuador. Esto puede verse en la Figura 14 que muestra los lugares de captura de larvas y juveniles de atunes aleta amarilla.

Las siguientes inferencias sobre el desove del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental Tropical han sido hechas por las épocas en que se han capturado estas formas jóvenes de atunes:

Area frente a México, de Baja California al sur: Desove limitado o esporádico a fines del verano frente a la parte meridional de Baja California. De las Islas Tres Marías hacia el sur hasta el Golfo de Tehuantepec, desove en el invierno y en el verano.

Area cerca de la costa frente a la América Central: El mayor desove en invierno, principalmente en los meses de febrero a abril, con alguna actividad en todo el año, con la posible excepción de los meses a mediados del verano. Debe hacerse notar que hasta ahora

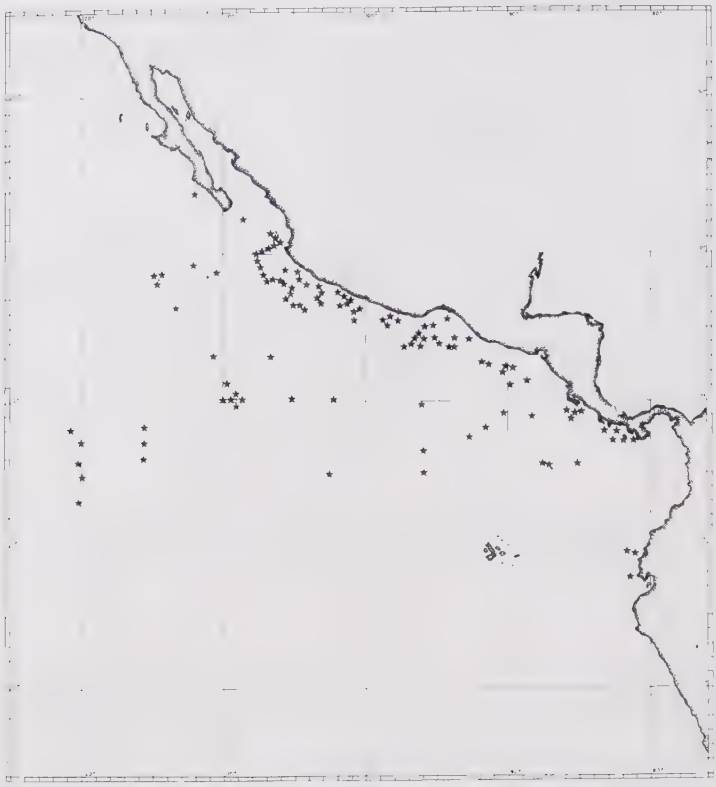


FIGURA 14. Localidades en que se han capturado larvas y ejemplares juveniles de atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental.

no tenemos evidencia alguna de desove en la región general del Golfo de Panamá. Esto puede ser debido a muestreo inadecuado o a que ésta no es un área de desove del atún aleta amarilla.

Area frente al Ecuador: Desove en el otoño del hemisferio sur.

Vecindades de las Islas Revillagigedo: Desove en el verano.

Area mar afuera en las vecindades de las Islas Clipperton y Coco: Desove en la primavera y alrededor de la Isla del Coco también a principios del invierno. Como el muestreo ha sido esporádico en estas áreas, algún desove puede ocurrir en otras épocas del año.

Barrilete

La escasez de formas jóvenes de barrilete sugiere que las aguas del Océano Pacífico Oriental, particularmente cerca del continente, no son importantes como un lugar de desove de esta especie. En la Figura 15 es evidente que las formas jóvenes de barrilete sólo han sido recolectadas en unas pocas localidades dentro de nuestra área de investigación.

Especies sin importancia comercial

Como la tarea de identificar los atunes jóvenes comprende su diferenciación de otras especies de túnidos, todas las larvas, sin reparar en su

FIGURA 15. Localidades en que se han capturado larvas y ejemplares juveniles de barrilete en el Pacífico Oriental.

importancia comercial, deben ser sometidas al proceso de clasificación e identificación final. En consecuencia, nuestros estudios de larvas y juveniles de atún comprenden también el barrilete negro y la caballa. Esto, desde luego, no deja de tener valor ya que algunos problemas referentes a las primeras etapas de la historia natural de estas especies son comunes al atún aleta amarilla y al barrilete.

La información obtenida en los dos años últimos no altera de modo apreciable los hechos relacionados con el desove de estas dos especies carentes de importancia comercial, sobre las que se trató en el Informe Anual de 1957.

Estudios de las formas jóvenes de otras áreas

El examen de las colecciones de atunes jóvenes provenientes de otras partes del mundo, que han sido sometidas a nuestro estudio, se hace incidentalmente con nuestros estudios en el Pacífico Oriental. Esto es de utilidad para nuestras investigaciones porque la ecología de los atunes jóvenes de otros mares tiene características en común con las especies del Océano Pacífico Oriental Tropical ya que la solución de los problemas de la identificación de especies en nuestra área puede a menudo avanzar

mediante el examen de tal material. Durante 1959 hemos identificado buen número de atunes jóvenes del Océano Atlántico. Nuestros hallazgos sobre una de las colecciones han sido publicados en el *Boletín* de *Marine Science of the Gulf and Caribbean* bajo el título "Young Scombroid Fishes from the Gulf of Mexico".

Hábitos gregarios

Los estudios sobre los hábitos gregarios de los atunes aleta amarilla y barrilete, por especies y por tamaños, fueron continuados durante 1959 empleando las observaciones hechas en los viajes dedicados a la marcación tanto en clípers como en barcos rederos, lo mismo que los datos de los registros de los cuadernos de bitácora de estos últimos. Los datos han sido analizados y un manuscrito está en preparación para ser publicado en nuestra serie de *Boletines*. El análisis de los datos de los cuadernos de bitácora de los barcos rederos y las observaciones hechas por nuestro personal a bordo de clípers y de barcos rederos han revelado que aproximadamente 90 por ciento de las pescas realizadas por estos últimos y 65 por ciento de las efectuadas por los clípers han sido hechas, en promedio, en cardúmenes compuestos de una sola especie. Hay una considerable variación de un área a otra en la composición de los cardúmenes, pero los valores promedio de la región del Pacífico Oriental Tropical considerada en su totalidad se mantienen bastante uniformes de un año a otro.

El alto porcentaje de cardúmenes de sólo atún aleta amarilla encontrados por la flota de barcos rederos parece ser el resultado de la distribución temporal y espacial de cada especie y de la distribución de las operaciones de pesca, más que de la selectividad local de los barcos rederos por cardúmenes de atún aleta amarilla.

El porcentaje de atún aleta amarilla en el tonelaje total pescado por los clípers en cardúmenes de composición mixta aparece graficado en la Figura 16 contra el porcentaje de atún aleta amarilla en el tonelaje total pescado en cardúmenes puros de ambas especies, por cada área estadística de 5 grados explotada por los clípers durante 1956-1958, junto con la línea de regresión ajustando los puntos individuales. Con propósitos comparativos, hemos incluído también en la misma Figura la línea de regresión derivada por Orange, Schaefer y Larmie *(Boletín No. 3, Volumen II)* para datos similares de los barcos rederos. Para ambos sistemas de pesca, como el atún aleta amarilla viene a ser más abundante en las pescas en cardúmenes puros, la parte de esta especie en la pesca realizada en cardúmenes de composición mixta aumenta, pero no proporcionalmente. Las regresiones son notoriamente similares tanto para los datos de los clípers como para los datos de los barcos rederos previamente examinados.

Los cardúmenes puros de atún aleta amarilla pescados por la flota de clípers se encontró que, en promedio, rendían atunes aleta amarilla más grandes que los cardúmenes conteniendo ambas especies. No parece

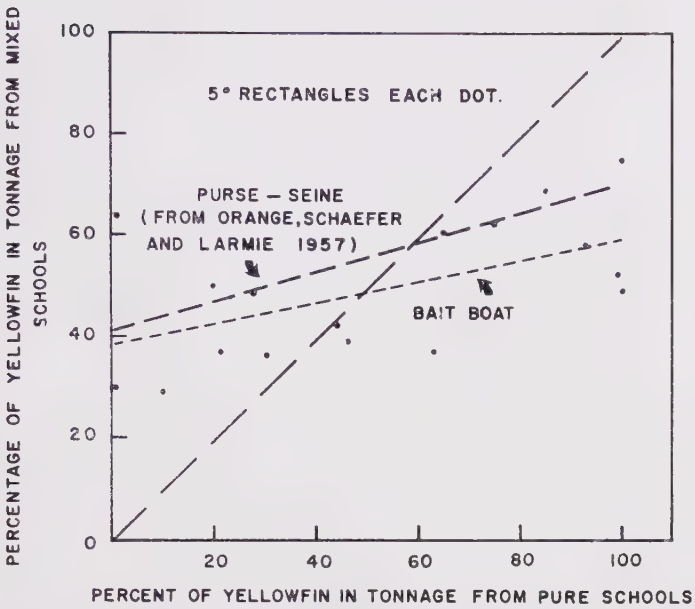


FIGURA 16. Relación entre el porcentaje de atún aleta amarilla capturado en cardúmenes formados por una sola especie y el porcentaje del mismo pez capturado en cardúmenes constituídos por especies mezcladas.

existir una diferencia apreciable en el tamaño promedio del barrilete encontrado en cardúmenes puros y en los cardúmenes de especies mezcladas.

7. Investigaciones sobre oceanografía física, química y biológica y ecología del atún

Los atunes, que son completamente pelágicos en todos los estados de su vida, están profundamente influídos por las propiedades físicas, químicas y biológicas de las capas superiores del mar en que viven. El conocimiento de las variaciones geográficas y temporales en su distribución y abundancia, de su historia natural y de sus hábitos abarca, entonces, el conocimiento de la circulación del océano y de sus varias propiedades y procesos. En consecuencia, investigaciones hacia un conocimiento de la oceanografía del Océano Pacífico Oriental y la relación entre ésta y los atunes tropicales es una parte importante del programa de la Comisión.

La región del mar habitada por las poblaciones de atún que estudia la Comisión es muy vasta, extendiéndose desde California hasta Chile y mar afuera por muchos cientos de millas; un área de cerca de un millón de millas cuadradas. Aún más, como el océano es una sola y continua entidad, las aguas de esta región son afectadas por lo que ocurre en aguas de otras regiones y por lo que ocurre en la atmósfera encima. Un estudio fructífero de la oceanografía del Pacífico Oriental comprende problemas de muy vasto alcance; por esta razón, el personal científico de la Comisión conduce mucho de su trabajo en cooperación con otros oceanógrafos y oficinas investigadoras estudiando tanto nuestra región del

mar como otras regiones. Afortunadamente, el conocimiento del océano es importante no sólo para las pesquerías sino también para muchos otros propósitos, tales como predicción del tiempo, navegación y operaciones militares y, en consecuencia, el esfuerzo dirigido hacia los problemas oceanográficos importantes para la pesquería de atún es mucho mayor del que podría ser sostenido por nuestra Comisión solamente.

Durante el año pasado, el personal científico de la Comisión se dedicó al estudio de diferentes problemas relacionados con varias características del Pacífico Oriental Tropical:

Cruceros de investigación

Crucero al Domo de Costa Rica

Durante la primera parte del año se efectuó un estudio detallado del domo termal frente a Costa Rica. La expresión "domo termal" se refiere a una muy pronunciada elevación de la termoclina que, a veces, hasta penetra la superficie del mar. Dos perfiles de estaciones hidrográficas y una línea de observaciones GEK de las corrientes de superficie a través del domo, obtenidas en la Expedición "Eastropic", constituyeron el material básico de que se dispuso para el estudio. Se hizo un intento

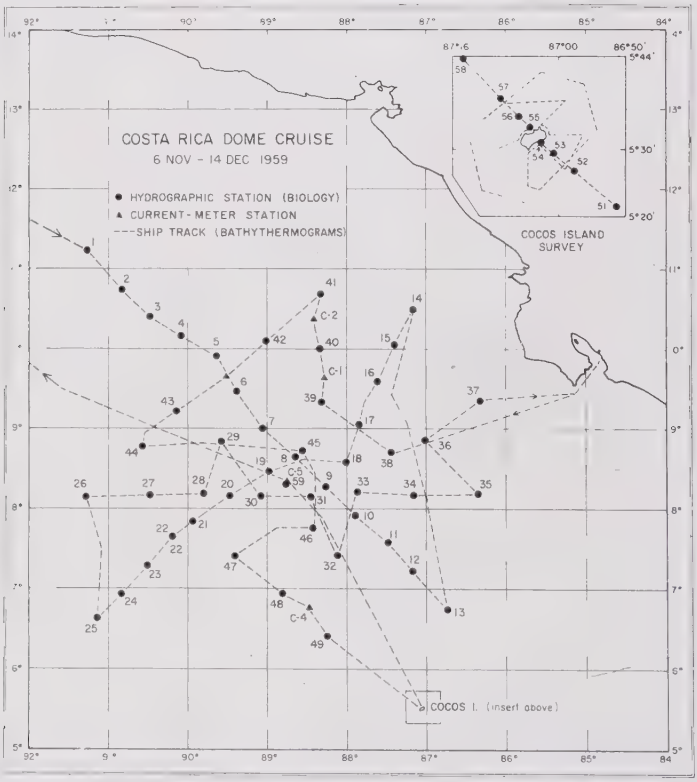


FIGURA 17. Carta de la ruta seguida por la Expedición al Domo de Costa Rica y posición de las estaciones.

desafortunado para desarrollar un modelo teórico para este fenómeno casi permanente en el extremo este del límite entre la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente Ecuatorial del Norte. En el curso de este trabajo nos dimos cuenta de que los datos de que disponíamos eran completamente inadecuados para una descripción apropiada del domo. El Crucero al Domo de Costa Rica fué planeado sobre todo con el propósito de llenar esta laguna en nuestro conocimiento de una importante área de pesca.

El crucero, que se realizó a bordo del barco de investigaciones SPENCER F. BAIRD de la Institución Scripps de Oceanografía, duró del 6 de noviembre al 14 de diciembre. Durante el período entre el 14 de noviembre al 1o. de diciembre se llevó a cabo una intensiva investigación hidrográfica, química y biológica del domo, la que sólo fué interrumpida por una parada de dos días en Puntarenas, Costa Rica. En este reconocimiento se hicieron 49 estaciones hidrográficas, cuatro estaciones medidoras de la corriente (usando el Medidor de Corriente de Roberts, con una boya de 1000 metros como punto de referencia), 235 inmersiones del batitermógrafo y 14 estaciones biológicas. La Figura 17 muestra las posiciones de las estaciones hidrográficas y las medidoras de corriente, así como el curso que siguió el barco, a lo largo del cual se obtuvieron batitermogramas a intervalos de aproximadamente una hora.

Los cuatro días siguientes se dedicaron a un reconocimiento en los alrededores de la Isla del Coco, cubriendo un área alrededor de la isla que se extendía entre diez millas y unos pocos centenares de yardas de la playa. El reconocimiento consistió en la medición de las corrientes superficiales, ocho estaciones hidrográficas y cuatro estaciones biológicas, inmersiones del batitermógrafo y muestras de agua de la superficie. Estas observaciones fueron hechas como base para examinar los efectos de una isla, en una corriente apreciable, sobre el océano que la rodea, para aumentar nuestro conocimiento del problema de por qué los atunes son más abundantes cerca de las islas y montes marinos.

Mientras se cruzaba nuevamente el domo en el viaje de regreso, se hizo otra estación hidrográfica, biológica y para medir la corriente. Durante la ruta hacia el área de observación y el viaje de vuelta, sobre la marcha se hicieron observaciones de inmersiones del batitermógrafo, arrastres de redes a alta velocidad, muestras de las aguas superficiales y sondeos con el Registrador de Precisión para Medir Profundidades.

Un importante problema encarado en este viaje fué hallar el lugar preciso del centro del domo. Este reconocimiento habría quedado incompleto si no se hubiera logrado esta información en las primeras etapas del trabajo. La exitosa solución de este problema puede ser atribuida en gran parte al excelente funcionamiento de un nuevo salinómetro instalado en el barco, que proporciona datos sobre salinidad cuatro horas después de completar una estación hidrográfica. Por medio de los valores de la salinidad y temperatura fué posible computar las elevaciones dinámicas

que delinearon claramente el domo y permitieron el ajuste de la ruta a seguir.

En vista de que la fecha de regreso de este crucero fué a mediados de diciembre, en el momento en que se escribió este informe ninguno de los datos había sido analizado en detalle. Solamente pueden ser hechas unas pocas anotaciones de carácter cuantitativo sobre la base de los datos procesados a bordo. La forma del domo es menos circular y menos simétrica en una dirección norte-sur de lo que previamente se creía. En realidad, el límite norte de la Contracorriente Ecuatorial parece curvarse bruscamente hacia el noreste en esta área. Hubo alguna indicación de que el domo despacio pero continuamente se mueve de posición o cambia su forma. El reconocimiento alrededor de la Isla del Coco, en la presencia de una corriente constante de sur a este, sugiere ligeras diferencias en la estructura del agua entre los lados "río abajo" y "río arriba" de la isla. Resta por verse si estas diferencias son más pronunciadas que las encontradas en la Isla Clarion durante el Island Current Survey.

Cruceros del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú

El personal científico del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú está realizando cruceros periódicos en la Corriente del Perú, tres o cuatro veces al año, hasta una distancia de unas 150 a 200 millas mar afuera. Los datos físicos y químicos en estos cruceros están siendo estudiados por oceanógrafos de la Institución Scripps de Oceanografía y algunos de los datos biológicos (volumen del plancton y organismos indicadores) están siendo estudiados por miembros del personal científico de la Comisión. Se espera que estos datos proporcionen una mejor penetración dentro de la naturaleza de la Corriente del Perú y sus variaciones.

Cruceros del Tuna Oceanography Research Project de Scripps

La Institución Scripps de Oceanografía, bajo contrato con el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, efectúa estudios de la oceanografía del Pacífico Oriental Tropical como base para pronosticar las épocas y áreas de abundancia de atún. Dos cruceros se hicieron durante el año: uno en enero y febrero hasta la altura de Costa Rica, en el que participaron dos de los miembros de nuestro personal científico, y otro en agosto y septiembre al Golfo de Tehuantepec, enteramente a cargo del personal de Scripps. Los datos físicos y químicos están siendo procesados por miembros del personal científico de Scripps, pero algunos de los datos biológicos son procesados y analizados por nuestros científicos.

Análisis isentrópico de los datos de "Eastropic"

Un proyecto importante durante el año pasado, proyecto que ahora está casi por terminarse, ha sido la descripción de la circulación subsuperficial general del Océano Pacífico Oriental Tropical mediante cartas isentrópicas basadas principalmente en los datos recolectados durante la

Expedición "Eastropic". El área cubierta por estas cartas se extiende de los 34° N. a los 14° S. y desde la costa de las Américas a los 141° W.

Las cartas isentrópicas describen la distribución de varios parámetros oceanográficos tales como la salinidad, el oxígeno disuelto, la trayectoria de las corrientes, etc., en superficies de densidad constante. Como ha sido demostrado en el campo teórico que el flujo horizontal subsuperficial sigue las superficies de densidad constante, este método de representar y analizar los datos tiene que dar una idea más real de los diseños de la circulación que los obtenidos por las cartas de distribución a profundidades constantes. La única desventaja del análisis isentrópico, y probablemente la mayor razón por la que ha encontrado aplicación limitada en oceanografía y meteorología, es el consumo mucho mayor de tiempo para la computación que implica este método. Al principio se planeó utilizar todas las estaciones hidrográficas disponibles en nuestra región de interés para la preparación de las cartas isentrópicas y de este modo combinar los datos de todas las estaciones y de muchos años diferentes. Sin embargo, después de emplear considerable tiempo y esfuerzo en el proceso de los datos y en el diseño de buen número de cartas, resultó aparente que no era factible combinar los datos de diferentes estaciones en estas latitudes. El pronunciado movimiento de norte a sur del sistema de corriente ecuatorial predominante impide lograr un diseño coherente en los varios isopletos graficados. En consecuencia, se decidió limitar el análisis a los datos de solamente una estación. Como la Expedición "Eastropic" que consistió de dos embarcaciones de Scripps y una de P.O.F.I., constituía la mayor fuente de estaciones hidrográficas de esta área, el otoño fué el período elegido. Datos adicionales se obtuvieron de los cruceros "Dana", "Carnegie" y del crucero "Scope" de Scripps por un total de 275 estaciones.

De estos datos más limitados, pero ahora más consistentes, se prepararon juegos de cartas de la superficie del mar y de las superficies isentrópicas de 500, 400, 300, 200, 150, 125 y 100 centilitros por tonelada Cada juego consistió de cartas de salinidad, oxigeno disuelto, profundidad y potencial geostrófico para cada superficie, con la excepción de la superficie del mar en la que la anomalía termostática reemplazó a la profundidad y de las superficies isentrópicas más profundas en las que el potencial geostrófico era demasiado cercano a constante para un contorno de significación. La función potencial geostrófica usada aquí es una ligera modificación de la función derivada por Montgomery en 1937. Las computaciones se refirieron a una superficie, a 1000 metros, que presumiblemente está nivelada.

A causa de las numerosas lagunas en la distribución geográfica de las estaciones hidrográficas, el contorno de todas las cartas requirió una considerable interpretación subjetiva de los datos. A pesar de que los ajustes finales de los diversos isopletos no han sido todavía terminados, es aparente que las corrientes en esta región tienden a ramificarse en numerosos remolinos grandes y más bien lentos, resultando en un com-

plejo patrón de corrientes. Se espera que las cartas y los análisis estén completos y listos para su publicación a principios de 1960.

Island Current Survey

El reconocimiento alrededor de la Isla Clarion y el Banco Shimada fué discutido bastante extensamente en el Informe de 1958. Este material ha sido examinado nuevamente en mayor detalle. Se encontró que algunos de los datos podían ser interpretados en forma diferente sin alterar ninguna de las observaciones. Además fueron utilizados los registros de un número adicional de mediciones alrededor de la Isla Clarion a base de boyas flotantes.

El flujo horizontal en un gran remolino con movimiento en sentido contrario al de las manecillas del reloj fué alterado por la Isla Clarion, formándose pequeños remolinos en el lado "río abajo" de dicha isla. Sobre la gradiente de la isla, un movimiento vertical (mezcla) estuvo indicado por la distribución de salinidad, oxígeno disuelto y nitrito, pero no por la temperatura. El contenido de fosfato inorgánico del equivalente de las columnas de agua se manifestó más alto dentro de cinco millas que a distancias entre diez y sesenta millas mar afuera.

La circulación geostrófica deducida, la distribución horizontal de la temperatura de la superficie del mar, así como la distribución vertical de la salinidad, oxígeno disuelto, nitrito y fosfato inorgánico, en conjunto, sugirieron la existencia de un remolino con movimiento en sentido contrario al de las manecillas del reloj en el Banco Shimada.

Un manuscrito incorporando los análisis de los datos físicos y biológicos ha sido completado para su publicación en nuestra serie de *Boletines*.

Como no había una corriente media alrededor de la Isla Clarion durante el tiempo de este reconocimiento, la existencia de un "efecto de la isla" quedó sin confirmar. En consecuencia se decidió examinar nuevamente el problema alrededor de la Isla del Coco durante el Crucero al Domo de Costa Rica a que nos referimos anteriormente. Mientras tanto se principió un estudio teórico del "efecto de la isla" en una corriente estable. Se formularon ecuaciones que incluyen una variable del parámetro de Coriolis. Sin embargo, no se ha encontrado todavía la solución de estas ecuaciones.

Relación oxígeno-fosfato

Se examinó un número de curvas de las estaciones de la Expedición "Eastropic" con el objeto de encontrar una relación entre el oxígeno disuelto y el fosfato inorgánico que sirviera de base para combinar estos dos tipos de observaciones en un solo parámetro. Se encontró que un "exceso" determinado empíricamente de oxígeno disuelto y una correspondiente "deficiencia" de fosfato inorgánico se hallaban en una razón bastante constante, similar a la encontrada por Redfield y otros en estudios sobre la actividad fotosintética del fitoplancton.

Como no había base para dudar de los valores de Redfield (117.5 "moles" de 0_2 producidas por cada "mole" de PO_4 obtenida), por lo menos a profundidades menores de más o menos 800 metros, esta razón fué usada para calcular el "fosfato pre-formado", o sea el contenido de fosfato del agua cuando estaba en la superficie del mar. Los cortes meridionales del "fosfato pre-formado" demostraron alguna consistencia entre sí, con una disminución general hacia el oeste. Su distribución vertical generalmente exhibió un aumento con la profundidad, aunque un mínimum relativo a la profundidad de la termoclina no es poco frecuente.

Debajo de los 800 metros la razón de Redfield pareció no tener aplicación. Alrededor de 100 pares de valores 0_2-$P0_4$ de entre 800 y 5000 metros fueron extraídos de los datos del crucero "Carnegie" de 1928-1929. Estos indicaron una definida relación linear entre las dos variables aunque todavía no es clara su significación.

Frentes

Se analizaron los datos de un frente oceánico encontrado en la Island Current Survey. Parecía que la estructura de la densidad en este frente difería de la hallada en otras ocasiones por anteriores investigadores. Esto nos condujo a un reconocimiento de la literatura de las teorías sobre frente atmosféricos desarrolladas por meteorologistas y se probó la aplicabilidad de estas teorías a los frentes oceánicos. Fué entonces posible explicar las características dinámicas en conjunto de aquellos frentes oceánicos en los que se habían recolectado datos suficientes sobre la base de un simple modelo atmosférico que no toma en cuenta el movimiento vertical.

No se ha completado el intento de encontrar una explicación teórica de los disturbios en forma de olas y de los sistemas de doble remolino que ocurren con los frentes oceánicos de media y de alta latitud.

Temperaturas de la superficie del mar

Como se informó anteriormente, los registros de temperatura obtenidos de los termógrafos instalados en algunos barcos atuneros han sido desilusionantes. La mayoría de los registros fueron de tan pobre calidad y tan inadecuadamente anotados que los pocos datos confiables sobre temperatura que podrían escogerse de entre ellos no justificaban el esfuerzo puesto en su proceso. En consecuencia, este programa fué terminado al principiar el año. Sin embargo, hemos permitido a los barcos que tenían termógrafos instalados continuar usándolos a condición de que los capitanes anoten la temperatura del mar en sus cuadernos de bitácora una o más veces cada día. Los datos de la temperatura de la superficie del mar obtenidos de los registros de los cuadernos de bitácora de éstos y de otros barcos continúan siendo de utilidad. Sobre esta base, más los datos que podemos obtener de los buques mercantes, continuamos en la tarea de graficar las temperaturas medias mensuales del mar en las diferentes

áreas entre California y Chile. Estos datos han sido de gran utilidad para explicar las variaciones tanto estacionales como anuales en la presencia de atunes tropicales en los extremos norte y sur de su extensión. Durante 1957, y hasta por lo menos mediados del año 1959, todo el Océano Pacífico Oriental ha estado anormalmente tibio, con la consecuente extensión de la pesquería a estos extremos. Los datos de que se dispone corrientemente, particularmente los que provienen de las áreas frente al Perú, indican que el océano está probablemente volviendo hacia el régimen promedio, con notorios efectos en la distribución de los stocks de atún.

El San Diego Biological Laboratory del Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, a partir de enero de 1960 comenzará a compilar y publicar cartas mensuales de la temperatura del mar del Pacífico Oriental, basadas en los datos de los buques mercantes, barcos pesqueros y estaciones costeras. Este servicio economizará a nuestro personal el trabajo de hacer las tabulaciones que hemos hecho en el pasado, mejorará la compilación al agregar más datos y hará que esta información esté corrientemente disponible para los científicos y los pescadores.

Proyecto meteorológico de "El Niño"

La investigación del Departamento de Meteorología de la U.C.L.A., bajo los auspicios de la Comisión del Atún, sobre las posibles causas meteorológicas de "El Niño", fué por primera vez anunciada en un informe en 1957. Durante la mayor parte de 1958 y mediados de 1959, este proyecto estuvo virtualmente paralizado hasta que el Profesor J. Bjerknes del Departamento de Meteorología se hizo cargo del estudio y tuvo éxito en rejuvenecerlo.

El Profesor Bjerknes, mediante la observación de los cambios en el promedio de la presión del nivel del mar entre marzo y agosto en todo el Pacífico Oriental y comparando éstos con los correspondientes cambios en las temperaturas de la superficie del mar, ha desarrollado algunas ideas estimulantes acerca del efecto de la circulación atmosférica sobre el océano. Estas ideas han sido expuestas en la primera parte de un informe que él tiene en preparación para este proyecto y que será publicado más adelante en nuestra serie de *Boletines*.

Estudios sobre organismos indicadores en el plancton

Los estudios que se han hecho previamente sobre la posibilidad de usar los quetognatos como indicadores biológicos de los diferentes ambientes oceánicos evidenciaron la necesidad imprescindible de investigar la distribución vertical de estos organismos. Con el propósito de obtener muestras de zooplancton estratificadas verticalmente y concurrentes con los datos hidrográficos, una nueva pieza de equipo fué diseñada y construída. Esta es, en esencia, el muestreador de plancton de Clarke-Bumpus, agrandado, que es un dispositivo que se abre y cierra para obtener el plancton en un estrato determinado de la columna de agua. Estos mues-

treadores han sido usados profusamente en varios cruceros oceanográficos durante 1959.

Los datos obtenidos del análisis de las muestras recogidas con las redes de Clarke-Bumpus durante el crucero T0 59-1 (enero y febrero de 1959) del Tuna Oceanography Research Group de Scripps, han dado resultados mucho más dignos de confianza que los que fueron obtenidos previamente y han hecho posible determinar las relaciones entre la distribución de las especies de quetognatos y las características del ambiente. Ahora puede afirmarse con bastante certeza que existen especies de quetognatos en el Océano Pacífico Oriental Tropical que pueden usarse como "indicadores" de masas de agua y/o de movimientos horizontales o verticales de cuerpos de agua.

Las muestras de zooplancton de dos cruceros que realizó el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú en 1958 han sido examinadas y las especies de quetognatos identificadas y graficada su distribución. Con propósitos comparativos se están examinando algunas de las muestras recolectadas durante la Expedición "Downwind" de la Institución Scripps. Esta expedición ocupó en 1958 estaciones muy afuera de la costa del Perú, como parte del trabajo del Año Geofísico Internacional. Los datos de los estudios de estas recolecciones han de ilustrar las distribuciones de quetognatos en el Pacífico Sudoriental y pueden ayudar en la determinación del origen del agua de "El Niño".

Durante la Expedición al Domo de Costa Rica, de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, se efectuó una serie de arrastres para la obtención estratificada de plancton usando los muestreadores agrandados de Clarke-Bumpus. Estas muestras serán procesadas en la forma acostumbrada y los quetognatos obtenidos se estudiarán en detalle con especial referencia a su distribución horizontal y vertical y cualesquiera relaciones entre sus distribuciones y las características ambientales.

En nuestro proceso rutinario de las muestras de zooplancton, todos los organismos encontrados en una muestra se identifican hasta la categoría taxonómica más baja conveniente y se enumeran. Estos datos han sido sometidos a un análisis preliminar y muestran que sin importar el cuerpo de agua de donde la muestra haya sido tomada, la abundancia numérica relativa de cada grupo se mantiene casi siempre igual (por ejemplo, los copépodos son los más abundantes, seguidos por los eufásidos, los quetognatos, etc.). En vista de esta conclusión, se decidió terminar esta faceta del programa de zooplancton. Podemos anticipar que durante la primera parte de 1960 se completará el tratamiento estadístico de estos datos y se publicarán los resultados.

Planes para expediciones futuras

En el planeamiento preliminar del trabajo en el mar en 1960, se ha considerado un crucero de importancia en el segundo semestre del año,

patrocinado conjuntamente por la Institución Scripps de Oceanografía y la Comisión del Atún. Durante los tres meses de tiempo que se ha previsto para este crucero, se proyecta hacer un amplio reconocimiento hidrográfico y biológico a lo largo de la costa de América del Sur desde la Bahía de Panamá hasta la latitud de 23° S., abarcando una extensión de 500 millas mar afuera.

Esta región no está todavía sino parcialmente cubierta por observaciones oceanográficas y sin embargo está aumentando constantemente su importancia para la pesquería del atún. Es el área en que se manifiesta el fenómeno de "El Niño" y cualesquiera datos que allí se obtengan, además de su interés general, serían de especial valor para el grupo de estudios meteorológicos bajo la dirección del Profesor Bjerknes, quien trabaja en el problema de "El Niño" en cooperación con la Comisión del Atún. En esta región no sólo se origina la Corriente Ecuatorial del Sur, sino también la Corriente de Cromwell puede terminar o desviarse aquí. Esta última encierra un problema particularmente intrigante ya que esta corriente subsuperficial no ha podido ser encontrada nunca al este de las Galápagos. Todavía no se han desarrollado los planes detallados para esta expedición.

Se espera que durante el primer semestre del año el mayor esfuerzo del trabajo en tierra pueda dedicarse al proceso y análisis de los datos obtenidos en el Crucero al Domo de Costa Rica.

8. Investigaciones sobre la biología, ecología e historia natural de los peces de carnada

Las investigaciones durante 1959 continuaron dirigidas casi enteramente a la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* porque, como se ha mencionado en informes anteriores, es la única de las importantes especies de carnada para el atún a la que la cantidad pescada puede afectar de modo adverso su continua producción. Sin embargo, estudios de otras especies continúan realizándose conforme se presenta la oportunidad. Durante 1959 se recolectó material para estudiar algunos aspectos de la historia natural del arenque de hebra *(Opisthonema)* en los Golfos de Panamá y de Nicoya; también se comenzaron los estudios sobre la historia natural de la *Anchoa naso* en Manta, Ecuador, en donde esta especie de anchoa es una carnada importante para el atún.

Al presente está casi para terminarse para su publicación un estudio sobre la edad, crecimiento, madurez sexual y desove de la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* en varias importantes áreas productoras de carnada del Océano Pacífico Oriental Tropical. Los estudios numéricos y morfométricos de Howard y Berdegué, de los que ya se informó anteriormente, demostraron que no hay libre intercambio entre las poblaciones de anchoveta de diferentes áreas. En consecuencia, las diversas poblaciones a lo largo de la costa han sido estudiadas independientemente.

Recientemente se publicó un amplio estudio de Howard y Landa sobre la anchoveta en el Golfo de Panamá. El presente estudio es sobre los aspectos importantes de la historia natural de la anchoveta recolectada en siete otras importantes áreas de carnada —Bahía de Almejas, Guaymas, Punta Ahome, Bahía Banderas, el Golfo de Fonseca, la zona a lo largo de la costa de Colombia y el Golfo de Guayaquil.

Se han hecho más de 300 recolecciones y se han examinado casi 38,000 anchovetas. Estas recolecciones fueron hechas por las tripulaciones de los barcos de carnada durante sus operaciones rutinarias para la pesca de carnada, por los pescadores locales a quienes la Comisión del Atún encargó de recoger muestras en áreas y en épocas en que faltaban las de los barcos de carnada, y por el personal de la Comisión.

Las investigaciones sobre diversos métodos nos llevaron a la conclusión de que la técnica más útil para el estudio de la edad y crecimiento era la del empleo de frecuencias de longitudes, como se habían usado previamente en Panamá. Todas las muestras de un mismo mes para cada área fueron combinadas y se graficó el porcentaje de la distribución de frecuencias de longitudes de todas las cifras mensuales. La edad y el crecimiento fueron inferidos de la progresión temporal de modos en estos diagramas. La Figura 18 muestra un diagrama representativo correspondiente a Punta Ahome (México), en donde se obtuvieron muestras de cada uno de los meses de enero a agosto (no se consiguieron muestras de septiembre a diciembre). En estos gráficos de frecuencias de longitudes aparecen dos modos: el primero puede seguirse en todo el año, pero el segundo no puede distinguirse claramente en todos los meses. El punto asumido de separación entre los dos modos se indica con una flecha en cada grupo.

El examen de las gónadas indicó que la anchoveta desova cada verano en Punta Ahome, alcanzando el punto máximo en agosto. De la época de desove y de la tasa de progresión del primer modo puede inferirse que los peces en este modo se encuentran en su primer año de vida, en tanto que los peces en el segundo modo están mayormente en su segundo año. Sin embargo, algunos de los peces más grandes del segundo modo pueden estar en su tercer año de edad.

Este mismo procedimiento para determinar la edad y el crecimiento de la anchoveta fué empleado en las otras áreas de estudio. El crecimiento durante el primer año osciló entre un promedio de 118 mm. en el Golfo de Guayaquil y de 145 mm. en el Golfo de Fonseca. En las otras áreas las longitudes promedio de la anchoveta al final de su primer año son: Bahía de Almejas, 127 mm.; Guaymas, 128 mm.; Punta Ahome, 132 mm.; Bahía Banderas, 125 mm.; y Colombia, 126 mm. Las longitudes promedio al final del segundo año fueron de 141 a 147 mm. en todas las áreas excepto en el Golfo de Fonseca, en donde la longitud promedio fué

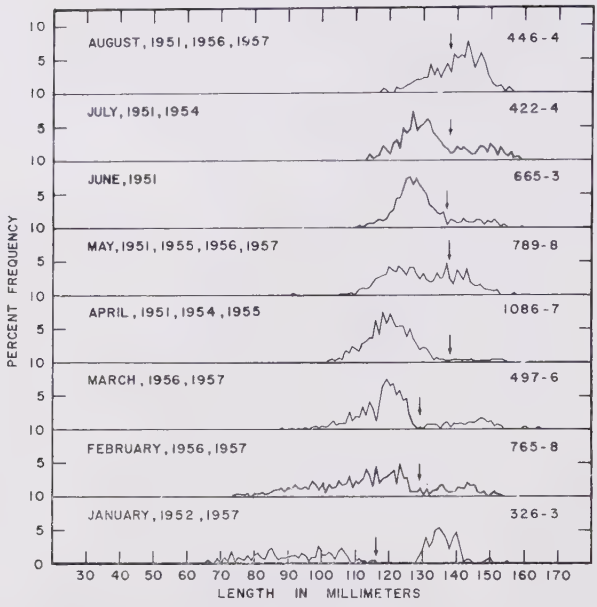


FIGURA 18. Composición mensual de las frecuencias de longitud de las anchovetas recolectadas en Punta Ahome, México.

de 160 mm. En Panamá, la longitud promedio de la anchoveta al final de su primer año fué de 126 mm. y de 144 mm. al terminar su segundo año.

Un promedio de 85% de las anchovetas pescadas en las áreas objeto de nuestro estudio se encontraban en su primer año; el resto estaba en su segundo año, excepto por muy pocas en su tercero. Puede decirse que, como en Panamá, la pesquería de carnada en estas otras áreas depende casi enteramente de la anchoveta en su primer año.

Hay una amplia variabilidad en las épocas del año en que la anchoveta desova en las diferentes áreas. En general, la mayor parte del desove ocurre en los últimos seis meses del año, aunque el período de desove en cualquiera de las áreas en raras ocasiones se prolonga más de tres o cuatro meses. También hay indicación, en algunas áreas, de que el desove puede ocurrir más de una vez al año. De este modo, en la Bahía de Almejas, el máximo del desove ocurre en agosto y septiembre (lo que se ajusta al diseño general para la especie), pero en algunos años un segundo desove tiene lugar en enero y febrero. En Guaymas hay indicios de actividad de desove en los seis últimos meses del año, pero parece que este más extenso período está formado por dos o más traslapos de desoves de corta duración de subpoblaciones en el área. En Punto Ahome, el mayor período de desove es en julio y agosto. La falta de datos adecuados de la Bahía Banderas sólo permite la conclusión de que el desove se produce en algún tiempo durante la última parte del año. Las anchovetas recolectadas en el Golfo de Fonseca indican que el período máximo de desove es en agosto y septiembre, pero también se encontraron señales de que algún

desove se produce a través de todo el año. Frente a la costa de Colombia, la anchoveta desova principalmente en el período de octubre a diciembre, pero una muestra indicó algún desove en febrero. En Guayaquil la anchoveta desova de diciembre a febrero.

Durante 1959 también se comenzó un estudio sobre la posibilidad de determinar la edad de las anchovetas por las marcas de las escamas, ya que un examen preliminar demostró que la escama de esta especie tiene marcas que recuerdan las que han servido con éxito para averiguar la edad de la sardina de California y de la anchoa norteña.

Fueron examinadas escamas de 770 especímenes capturados en el Golfo de Panamá entre 1951 y 1958 y seleccionados de modo que representaran el mayor número posible de los meses del año. El análisis de las escamas de las anchovetas de Panamá indicó que los anillos observados en las escamas no son a menudo marcas anuales, pero que también incluyen marcas que aparentemente aparecen en diferentes estaciones a través del año y que, en consecuencia, las escamas no son útiles para la determinación de la edad.

Un estudio similar comenzado a fines de 1959 se continúa haciendo de las escamas de especímenes de Guaymas, en donde el período de desove y el régimen hidrográfico son bastante distintos de los prevalecientes en Panamá.

El trabajo de identificación de los estados larvales avanzados de la anchoveta sufrió serios retrasos durante 1959 debido a diversos cambios en el personal. El problema consiste en determinar los cambios anatómicos que ocurren en el desarrollo de las larvas desde el momento de la eclosión hasta que los juveniles alcanzan una longitud de más o menos 25 mm. y comparar estos cambios con los observados en las muchas otras especies de engráulidos encontradas en la misma área. El material que se estudia consiste de colecciones de larvas obtenidas durante 1956 y 1957 en el Golfo de Panamá, en donde se sabe que habitan por lo menos once especies de engráulidos. El trabajo en este proyecto fué reanudado a fines de 1959. Primero se clasificaron algunas colecciones de larvas, los especímenes se tiñeron con alizarina roja para poder distinguir mejor la estructura del esqueleto y se comenzó el examen de las proporciones del cuerpo, caracteres numéricos, pigmentación y desarrollo de la osificación.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

Las investigaciones en el laboratorio de Panamá durante el primer semestre de 1959 se centralizaron en los estudios de la distribución de la anchoveta juvenil en el Golfo y a lo largo de la costa de Colombia y en los estudios de las variaciones en la hidrografía del Golfo de Panamá. A mediados de 1959 fueron terminadas las observaciones bisemanales que se hacían en la estación permanente para obtener datos para el estudio del

ciclo estacional de productividad del Golfo y los datos están siendo sometidos a un detenido análisis (ver más adelante) antes de continuar con las observaciones.

Los estudios en el segundo semestre de 1959 se dedicaron a tres importantes proyectos: experimentos en viveros en la Isla de Taboga a fin de obtener una marca apropiada para las anchovetas, un estudio sobre los hábitos alimentarios de esta especie y nuevos intentos para criar larvas de anchovetas hasta un tamaño que permita su identificación.

En 1959 se hicieron nuevos esfuerzos para determinar si hay o no una mezcla parcial, durante el estado juvenil, entre las anchovetas de la costa colombiana y las del Golfo de Panamá. En febrero de 1959 un reconocimiento de tres semanas y media de duración se efectuó con nuestra embarcación y se extendió desde Bahía Piñas en Panamá hasta Buenaventura en Colombia. En ningún momento se vieron cardúmenes de anchovetas juveniles o adultas, ni se logró pescar ningún especimen durante el uso intensivo de atarrayas, redes de arrastre y redes para larvas. Aunque estos resultados no son enteramente concluyentes, parece que hay poca o ninguna mezcla entre las dos poblaciones. Esto concuerda con los resultados de los estudios morfométricos terminados con anterioridad.

Durante los años pasados, se han hecho esfuerzos en nuestro laboratorio de Panamá para desarrollar una marca efectiva para las anchovetas, con el objeto de estudiar los movimientos migratorios de esta especie en el Golfo y como una posible base para medir la tasa de explotación de las poblaciones por la pesquería. Se ha tratado de obtener una marca que pueda ser fácilmente visible exteriormente, ya que el único método práctico para recobrar ejemplares marcados ha sido por medio de los pescadores de atún que ven las marcas en el curso de sus operaciones para la captura de carnada. La aplicación de 80,000 marcas de "cazonete" en el período 1955-1957 resultó en una tasa de recobro de solamente 0.051 por ciento, por lo que en 1957 y 1958 se marcaron los peces con varios tipos de marcas externas y se les mantuvo en viveros en la Isla de Taboga, con el objeto de observar los resultados. Estos experimentos demostraron que la marcación producía una intensa mortalidad y que las señales externas se desprendían en gran número de los peces sobrevivientes. Se consideró que la obtención de una marca apropiada y efectiva era tan importante que continuaron haciéndose pruebas en 1959.

Los estudios se realizaron en los viveros de Taboga de mayo a diciembre, involucrando 4,600 especímenes en 26 experimentos. Se probó una variedad de señales externas y marcas. En 1959 la mortalidad no resultó un problema. Los peces se mantuvieron en los viveros alrededor de una semana antes de su marcación. En los primeros pocos días siguientes a la captura se registró una mortalidad de hasta 30 por ciento, pero después del período inicial de ajuste murieron pocos peces. Solamente en tres casos

sí hubo mortalidad intensa después de la marcación, la que aparentemente fué causada por incompatibilidad fisiológica de los peces con ciertas tinturas y anestésicos usados en forma experimental.

Todas las señales externas se desprendieron grandemente. De varios tipos probados, las marcas de "cazonete" y de "clip" resultaron ser las mejores, pero mucho más de la mitad de las marcas de cada uno de estos tipos se desprendió dentro de los 30 días posteriores a la marcación. Sin embargo, ninguna de las marcas externas causó apreciable mortalidad.

Mientras los experimentos en Panamá estaban en progreso durante 1959, la pesquería de anchoveta en este país cambió considerablemente la naturaleza del problema de marcación. Dos plantas para la fabricación de harina de pescado en Panamá comenzaron a procesar cantidades bastante grandes de anchovetas. La cantidad de anchovetas usada para esta industria en 1959 fué varias veces mayor que el promedio de la cantidad anual de anchovetas pescadas en el Golfo por la flota atunera para usarlas como carnada en la pesca de atún. A pesar de que estas plantas estuvieron en operación durante 1957 y 1958, en estos años sólo utilizaron principalmente deshechos de pescado de la flota camaronera, además de algunos peces clupeidos pelágicos. Pero en 1959 fueron introducidos varios barcos rederos que pescaron casi exclusivamente anchovetas y otros peces clupeidos pelágicos. Este tipo de pesquería condujo a la experimentación de una marca de metal numerada que se inserta en la cavidad del cuerpo del pez; magnetos instalados en las líneas de pescado de las plantas reductoras se encargan de recobrar las marcas metálicas.

Cuando el desarrollo de la industria de harina de anchoveta en Panamá fué aparente en 1959, se marcaron cuatro lotes adicionales de estos peces con marcas internas durante el período mayo-agosto y se mantuvieron en viveros. Estos experimentos fueron terminados en diciembre de 1959. La supervivencia en tres de los grupos fué tan buena como la observada en los lotes de control colocados al mismo tiempo en secciones separadas de los viveros. Se considera que la escasa supervivencia del cuarto lote fué debida al uso de quinaldina como anestésico mientras se marcaban los peces de este particular grupo. La mortalidad de un grupo de peces marcados en mayo fué como sigue: 14 por ciento en el primer mes; 30 por ciento en los primeros tres meses; y 78 por ciento en los primeros seis meses. Esta mortalidad fué menor que la registrada en el lote de control puesto el mismo día en otra sección de uno de los viveros.

Se encontró que el desprendimiento de las marcas internas ocurría casi enteramente durante las primeras tres semanas posteriores a la marcación. Parece que este desprendimiento resultaba de infección y consiguiente alargamiento del corte hecho en el vientre de los peces para insertar la marca. Los antibióticos pueden ser de utilidad en el control de la infección para reducir así la pérdida de marcas.

La tasa de desprendimiento en los cuatro casos en que se experimentó con marcas internas varió entre 30 y 50 por ciento. La variabilidad es probablemente debida, en parte cuando menos, al hecho de que se emplearon técnicas diferentes para marcar los cuatro lotes.

Tomando en consideración el éxito obtenido con las marcas internas en los experimentos de 1959, durante 1960 se desarrollará un programa de marcación en escala completa con este tipo de marcas. Se han determinado los lugares convenientes para la instalación de los magnetos que recuperarán las marcas metálicas en las dos plantas de reducción en Panamá y se ha obtenido el permiso necesario para instalarlos.

Se cree que estos experimentos en 1960 proporcionarán por lo menos una estimación aproximada del tamaño de la población, así como una información útil sobre los movimientos de la anchoveta entre las diversas áreas dentro del Golfo.

El desarrollo de la pesquería de anchovetas en el Golfo de Panamá para su reducción a harina de pescado hace imperativo que estudiemos cuidadosamente su impacto en la población de peces. Como lo hemos manifestado en nuestros anteriores informes anuales, la explotación que la pesquería de carnada para el atún ha hecho en el stock de anchovetas del Golfo ha sido lo suficientemente limitada como para no causar un efecto apreciable en el stock. Pero la pesquería para la fabricación de harina de pescado capturó en 1959 cantidades tan grandes como nunca habían sido pescadas por los barcos atuneros. A pesar de esta creciente explotación, nuestra estimación preliminar de la abundancia, calculada por la pesca promedio diaria de los barcos atuneros, como se dijo antes en este informe, no muestra un descenso de significación. En consecuencia, todavía no podemos determinar el efecto de la creciente tasa de explotación de la población. Sin embargo, en vista de las perspectivas de aumento en la intensidad de la pesquería, es necesario vigilar los cambios en el stock mediante el análisis de las estadísticas de pesca y, de ser posible, llegar a las estimaciones del tamaño de la población y de la tasa de pesca a través de los experimentos de marcación.

Durante el año se han hecho intensos esfuerzos para incubar huevos de anchoas y de anchovetas y criar larvas en el laboratorio. Aunque ha sido posible incubar los huevos con éxito, en cambio no hemos logrado mantener las larvas después de 154 horas de nacidas, a pesar de la aplicación de gran número de técnicas experimentales. Parece que el esfuerzo y el costo requerido para resolver el problema con buen éxito serán muy grandes. En consecuencia, en vista de problemas más urgentes, esta línea de estudio será terminada después de la publicación sobre los experimentos que se han hecho.

Se ha continuado también la investigación sobre los hábitos alimentarios de la anchoveta, como un aspecto importante de su ecología. El

trabajo se divide naturalmente en dos partes que corresponden a la fase pelágica y a la fase de cerca del fondo del mar de la historia natural de esta especie. Los peces en la primera fase pueden ser llamados juveniles y en la segunda adultos.

Se ha preparado un gran número de placas de los organismos microscópicos que componen el contenido estomacal de los peces adultos, pero la identificación de los organismos se encuentra todavía en sus etapas preliminares. Parece que los peces se alimentan al ingerir fango del fondo del mar con su contenido de detritos y organismos. Hasta ahora los diátomos son el renglón alimenticio identificable más importante, en tanto que los dinoflagelados son el único otro tipo de organismos encontrado en grandes cantidades. Entre los diátomos sobresalen *Coscinodiscus, Melosira, Triceratium, Biddulphia, Surirella y Navicula.* Las proporciones de los diferentes renglones alimenticios varían considerablemente entre las diferentes muestras. Los organismos encontrados en los estómagos han sido encontrados también en las muestras de fango.

Sólo se han hecho muy rápidas investigaciones sobre los hábitos alimentarios de las anchovetas juveniles. Entre los organismos que integran la alimentación de juveniles se han observado *Nitzschia,* un diátomo pelágico, y *Coscinodiscus,* con predominio del primero. También se han encontrado crustáceos muy pequeños, probablemente larvas de copépodos.

Productividad en el Golfo de Panamá

El 3 de junio de 1959 se completó el programa de recolecciones bisemanales de datos hidrográficos y biológicos que se había estado llevando a cabo desde diciembre de 1954 en una estación permanente en el Golfo de Panamá, para estudiar la fertilización estacional del área debida al afloramiento producido por el viento y sus efectos en la productividad. Durante este período se ocuparon 112 estaciones en total. Se ha comenzado un detallado análisis de estos abundantes datos sobre los factores físicos, químicos y biológicos asociados con el afloramiento. Podemos informar sobre algunos resultados preliminares.

Durante los meses de enero a abril fuertes vientos del norte arrastran las aguas superficiales del Golfo hacia el mar, lo que baja el nivel del agua y se produce el reemplazo de la capa superficial por aguas oceánicas más profundas, ricas en plantas nutritivas. Se presume que este afloramiento de aguas altamente nutritivas causa un aumento en el volumen de fitoplancton, sobre el cual el zooplancton, a su vez, puede alimentarse y aumentar. Tanto el fitoplancton como el zooplancton son alimentos para importantes especies comerciales.

Los efectos químicos y biológicos del afloramiento son bien marcados y consistentes cuando la época del afloramiento se compara con el período de mayo a diciembre en que no lo hay, como se muestra en la tabla que se inserta a continuación.

Las mediciones de clorofila "a" no se comenzaron hasta diciembre de 1956. En la tabla, los datos recolectados después de esta fecha solamente fueron usados con propósitos comparativos. Todas las mediciones fueron hechas a 10 metros, excepto en cuanto al zooplancton y a la radiación incidente. Las cifras que aparecen en la tabla son los valores medios durante los meses de afloramiento y de no afloramiento dentro del período de diciembre de 1956 a junio de 1959.

		Meses de no afloramiento	Meses de afloramiento	Aumento durante el afloramiento
Fosfato	μg.at./L	0.57	0.81	42%
Clorofila "a"	mg./m³	0.38	0.74	95%
Aumento de oxígeno sobre el valor a 37 m.	ml./L	1.95	3.19	64%
Fijación de carbono	mg./m³/día	14	32	130%
Fijación de carbono clorofila "a"	mg.C/mg.Chl."a"/día	37	43	16%
Radiación incidente	g.cal./cm²/día	420	494	18%
Volumen de zooplancton	ml./1000 m³	118	143	21%

La concentración de fosfato inorgánico mostró un aumento de 42 por ciento durante el período de afloramiento. La concentración media de fosfato durante la estación de no afloramiento fué virtualmente la misma del valor de Ketchum de 0.55 μg.at./L debajo de la cual el fosfato comienza a limitar su crecimiento. La inhibición de la tasa de crecimiento debe esperarse cuando la concentración fluctúa bajo este nivel. Durante los meses de afloramiento, la tasa de aumento no estaría limitada o, por lo menos, estaría menos limitada debido a las más altas concentraciones de fosfato y resultaría en una mayor cosecha estable y una mayor productividad. Lo siguiente fué lo que exactamente ocurrió: la concentración de clorofila "a", que se usa como una medida de la cosecha estable, fué 95 por ciento mayor y la producción neta, medida por el método del C^{14}, fué 130 por ciento mayor durante la estación de afloramiento. La tasa de la fijación neta de carbono por unidad de clorofila "a" mostró un ligero aumento de 16 por ciento. Si ésto es significante, puede ser relacionado con el 18 por ciento de crecimiento en la radiación incidente, ya que a esta profundidad muy rara vez se produce una ligera saturación, permitiendo que la tasa fotosintética sea proporcional a la intensidad de la luz.

La concentración de oxígeno puede ser también usada para una comparación aproximada entre las dos estaciones. Cerca de la Isla de Taboga, en donde las muestras de C^{14} fueron incubadas *in situ,* la profundidad del uno por ciento de la radiación incidente (equivalente aproximadamente a la profundidad de la compensación) tuvo un promedio de 21 m. y habría sido unos pocos metros más profunda en la estación de muestreo. De este modo, a 37 m. (la profundidad media de las muestras más profundas) prácticamente no podría haber ocurrido aumento en el oxígeno producido fotosintéticamente. La aumentada concentración de oxígeno a 10 m. sobre

la de 37 m. puede ser atribuida en gran parte a la fotosíntesis y este valor es usado para comparar las dos estaciones. Durante la estación del afloramiento, esta diferencia fué 64 por ciento mayor que durante la estación de no afloramiento.

El zooplancton solamente mostró un pequeño aumento de 21 por ciento. Pero éste fué causado enteramente por altos volúmenes en la primavera de 1959; en los años 1957 y 1958 no hubo diferencia entre las dos estaciones. Si se toma en consideración el período completo de la colección de datos, de diciembre de 1954 a junio de 1959, el aumento fué de 89 por ciento, ya que los años 1955 y 1956 tuvieron altos volúmenes de zooplancton durante la estación del afloramiento.

En los últimos trece meses de observación, las cosechas estables de plancton, medidas por contenido de carbono derivado de las concentraciones de clorofila "a" y de los volúmenes de zooplancton, estaban compuestas aproximadamente de 80 por ciento de fitoplancton y 20 por ciento de zooplancton. El aumento diario en el fitoplancton fué de 80 por ciento de la cosecha estable y el requerimiento diario del zooplancton se ha calculado que es alrededor de 6 por ciento de la producción neta diaria. Sin embargo, puede haber sido consumida realmente una proporción más alta, ya que se ha encontrado que los organismos del zooplancton se alimentan con gran exceso sobre sus requerimientos cuando el fitoplancton es abundante.

La máxima fijación de carbono por hora por unidad de clorofila "a" fué en los 5 m. superiores de la columna de agua en este período de 13 meses y tenía una mediana de 10 mg/m^3/día, lo que está en concordancia con el valor de Steeman Nielsen de 9 mg/m^3/día para el plancton de superficie en los trópicos a la saturación de luz.

Durante el período completo de la recolección de datos, un cambio de 1.87 ml./L de oxígeno acompañó a un cambio de 1 μg.at./L de fosfato inorgánico, ó 200 átomos en la aparente utilización del oxígeno acompañaron a un cambio de un átomo de fósforo, lo que se aproxima al valor promedio de Redfield de 235 átomos.

Los meses en que no hubo afloramiento durante 1958 y los meses de afloramiento en 1959 (cuando podían obtenerse valores de productividad para toda la columna de agua) tuvieron una producción primaria diaria neta de 380 y 740 mg.C/m^2 respectivamente: un aumento de 95 por ciento durante la estación de afloramiento. Este valor corresponde razonablemente con el 130 por ciento de aumento encontrado a 10 metros. La producción anual neta computada de este período, según fué medida por el método del C^{14}, fué de 181 g.C/m^2, habiendo sido producidos 89 gramos durante la estación de afloramiento de enero a abril y 92 gramos durante la estación de no afloramiento de mayo a diciembre.

Calculando la cantidad de carbono producida por medio de la cantidad de fosfato inorgánico removida del agua que entró durante los meses de afloramiento en 1959, resulta un valor de 48 g./m^2: más o menos la mitad del valor derivado por el método del C^{14}. Considerando que la regeneración de fosfato no ha sido tomada en cuenta, la cantidad utilizada realmente por el fitoplancton debe de haber sido mayor, lo que rendiría un valor de carbono de la misma magnitud general que el derivado por el método del C^{14}.

La predicción del grado de productividad biológica de una región por medio de simples mediciones físicas sería sumamente ventajosa en el estudio de la ecología de las pesquerías de ésta y otras áreas. Se está haciendo un intento aquí para relacionar los cambios anuales en la fuerza de los vientos primaverales del norte, sus efectos físicos y químicos en la hidrografía, el efecto que estos cambios tienen a su vez en el plancton y finalmente el efecto en las especies de animales más grandes comercialmente importantes.

Han sido estudiados los meses de afloramiento en los cuatro años, 1956-1959, pero ha sido difícil establecer una relación consistente. En general, los datos físicos indican que, de estos cuatro años, el de más fuerte afloramiento fué el de 1959 y el más débil fué 1958. Los vientos del norte fueron considerablemente más fuertes en 1959 que en los otros tres años. El aumento en la densidad del agua a 37 metros fué mayor en 1959 y menor en 1958. Sin embargo, los efectos biológicos no son claros: la cosecha estable de fitoplancton, medida por la clorofila "a", fué baja, pero la tasa de producción por unidad de la cosecha estable fué alta en 1959. Las aguas más frías de 1959 pueden haber provocado el florecimiento de una flora diferente y más activa. La cosecha estable de zooplancton fué alta; fué 50 por ciento mayor que el valor siguiente más alto en el período de cuatro años. El aumento de apacentamiento de este gran volumen de zooplancton puede explicar la pequeña cosecha estable de fitoplancton a pesar de su alta tasa de reproducción.

No pudo encontrarse relación directa entre las concentraciones de clorofila "a" y el volumen del desplazamiento de zooplancton en todas las estaciones de diciembre a junio de 1959.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

Las investigaciones continuaron durante 1959 en las mismas líneas seguidas en los últimos años. Se hicieron observaciones detalladas y recolecciones para seguir los efectos del experimento de transplante de 1953 que se efectuó con el propósito de restablecer la población de anchovetas en el Golfo; se continuó también obteniendo ciertos datos hidrográficos.

Lo mismo que en años anteriores, desde que se hizo el experimento de transplante en 1953, se capturan anchovetas juveniles y adultas en pequeñas cantidades. Con respecto a la evaluación del experimento de

transplante, se debe llegar a la conclusión de que se consiguió establecer una pequeña población de anchovetas residente en el Golfo, pero que hasta la fecha no ha habido un aumento apreciable en la población. Nuestra estimación del tamaño relativo de esta población ha sido obtenida de las pescas con redes de playa de anchovetas juveniles en algunas playas en la parte exterior del Golfo y de las capturas de adultos en arrastres de redes efectuados con la lancha de la Comisión tanto en la parte interior como en la exterior del Golfo. En general, las capturas de juveniles han sido mejores en el período de noviembre a febrero. Los especímenes adultos han sido atrapados por la red de arrastre durante la mayor parte de los meses del año, pero las pescas mayores se han logrado entre mayo y diciembre.

Durante el período comprendido entre octubre de 1957 y noviembre de 1958, se hicieron aproximadamente 300 arrastres con redes de plancton en el Golfo de Nicoya, para recolectar huevos y larvas de clupeidos con el objeto de obtener una información adicional en cuanto a las épocas y áreas del desove de la anchoveta. Las épocas en que se recolectaron las muestras y en que se investigaron las áreas fueron cuidadosamente escogidas a base de la experiencia con un programa similar en el Golfo de Panamá. Durante 1959, este material fué clasificado y se examinaron cuidadosamente las muestras de huevos pero se encontró que no había huevos de anchoveta. Como la captura de anchovetas juveniles en el Golfo de Nicoya año tras año es una buena evidencia de que esta especie desova en esa región, el no haber encontrado huevos de la misma en las redes de plancton puede ser una indicación más de que la población de anchoveta en el Golfo es muy pequeña.

Al terminar el análisis de los datos hidrográficos recolectados en el Golfo de Nicoya durante el período 1952 a 1958, los estudios hidrográficos en el Golfo fueron reducidos a observaciones mensuales en dos estaciones —una cercana al centro del Golfo y la otra en la boca— y a la recolección de datos sobre temperatura y salinidad en el muelle de Puntarenas. Estas observaciones, junto con los datos meteorológicos y sobre la corriente de los ríos, proveerán información suficiente para vigilar las fluctuaciones estacionales y de un año a otro en el régimen hidrográfico.

Durante 1959, el personal del Laboratorio de Puntarenas también efectuó un amplio reconocimiento sobre la distribución transversal de la temperatura y salinidad en el Golfo durante el período de máxima precipitación y drenaje. Un reconocimiento similar será hecho durante la estación seca de 1960. Los reconocimientos hidrográficos anteriores se habían limitado a una serie de estaciones a lo largo del eje longitudinal del Golfo. Esperamos que estos datos nos proporcionarán un mejor conocimiento de la circulación en el Golfo.

Usando una lancha alquilada del servicio de cabotaje, el personal de Puntarenas realizó viajes mensuales durante 1959 al área inmediata-

mente al sur de Cabo Blanco para capturar larvas de atún. Este trabajo, de cuyos resultados se dió cuenta anteriormente en otra parte de este informe, ha demostrado ser de considerable valor para proporcionar información sobre las variaciones estacionales del desove del atún aleta amarilla en esta región, por lo que se tiene el plan de realizar otros viajes en 1960.

Investigaciones en Manta, Ecuador

En noviembre de 1958, se destacó a uno de los científicos de la Comisión del Atún en Manta, Ecuador, con el principal propósito de marcar atunes y llevar a cabo un muestreo rutinario de las pescas de atún y con el objetivo secundario de estudiar la pesquería local de carnada.

Se ha encontrado que la *Anchoa naso* (Gilbert & Pierson, 1898), conocida por "colorado" en la localidad, es empleada casi exclusivamente por los barcos atuneros de Manta. Se ha estimado que estos barcos, que son alrededor de veinte, pueden pescar y utilizar unos 3,275 "scoops"[1] de carnada diariamente y que la pesca total en el año calendario de 1959 (del 1o. de enero al 31 de diciembre) alcanzó unos 384,427 "scoops", casi todos de "colorado".

Además de las anotaciones sobre la cantidad de carnada empleada allí, en marzo de 1959 se comenzó una investigación de la historia natural de la *Anchoa naso*.

En esa fecha se inició un programa de muestreo rutinario de las frecuencias de longitudes mensuales para estudiar la edad y el crecimiento. Las muestras fueron obtenidas de diversas fuentes: barcos de carnada (caladas de día y de noche), redes de playa y atarrayas. La mayoría de los peces obtenidos para el estudio de la edad y el crecimiento fueron descartados después de medidos, pero los especímenes representativos de las recolecciones se retuvieron y conservaron en formalina para un examen posterior de madurez sexual.

Los datos que hasta ahora se han recogido tienden a indicar que la pesquería de carnada ha explotado un solo grupo de edad durante casi todo el año. Parece que esta sola clase anual de *Anchoa naso* ha aumentado en la longitud media del cuerpo de 53.3 mm. en marzo de 1959 a 71.8 mm. en octubre del mismo año. El crecimiento más rápido se produjo de marzo a mayo. Sin embargo, en las muestras de noviembre se evidencia una nueva clase anual entrante de peces con un tamaño de cerca de 40 mm. Esto parece indicar que la especie probablemente desova a fines del verano.

Todavía no han sido medidos huevos de los ovarios de un número suficiente de peces y de un período de tiempo suficientemente largo como para confirmar la época en que se supone ocurre el desove.

[1] El peso promedio de un "scoop" local no ha sido todavía determinado; sin embargo, es algo más pequeño que el "scoop" estándar usado por los clípers con base en California.

SCIENTIFIC STAFF

1959

Milner B. Schaefer	Director of Investigations
Gerald V. Howard	Senior Scientist (to 28 February)
Gordon C. Broadhead	Senior Scientist
Martin J. Pollak	Senior Scientist
Richard C. Hennemuth	Senior Scientist
Clifford L. Peterson	Senior Scientist
Franklin G. Alverson	Senior Scientist
Izadore Barrett	Scientist
Edward B. Bennett	Scientist
Bruce M. Chatwin	Scientist
Craig J. Orange	Scientist
Witold L. Klawe	Scientist
William H. Bayliff	Scientist
Raymond C. Griffiths	Scientist (to 30 June)
John G. Simpson	Scientist (to 31 May)
James Joseph	Scientist
Antonio Landa	Scientist
Paul N. Sund	Scientist
Robert W. Hetzler	Scientist
Eric D. Forsbergh	Scientist
Gilbert W. Bane	Scientist (on leave except 1 July to 7 Oct.)
Edward F. Klima	Scientist (from 20 April)
John E. Kinnear	Scientist (from 1 November)
Thomas P. Calkins	Scientist (from 1 November)
Hernan Sobrado H.	Junior Scientist
Austin R. Magill	Junior Scientist